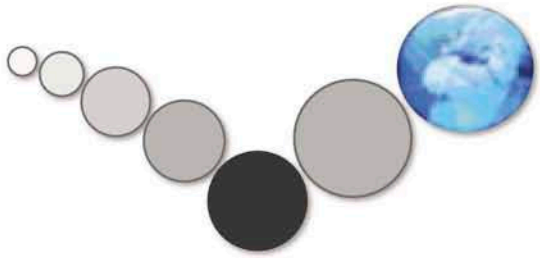


InterCarto InterGIS

Конференция ИнтерКарто/ИнтерГИС
Conferencia InterCarto/InterSIG
InterCarto/InterGIS 会议

Материалы Международной конференции

Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий

Петрозаводск (Россия),
Бонн (Германия),
Анкоридж (США)
19 июля – 1 августа 2018 г.

Petrozavodsk (Russia),
Bonn (Germany),
Anchorage (USA)
July 19 – August 1, 2018

Proceedings of the International Conference

GI support of sustainable development of territories

الجغرافيـــة المعلومـات ونظم للخـــرائط الـدولي المؤتمر

Conférence InterCarto/InterSIG

InterCarto/InterGIS Conference

24

Part 1

ИнтерКарто/ИнтерГИС

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Международной конференции
Петрозаводск (Россия),
Бонн (Германия),
Анкоридж (США)
19 июля – 1 августа 2018 г.

Том 24

Часть 1

http://intercarto.msu.ru

Петрозаводск
2018

ISSN 2414-9179 (Print)
ISSN 2414-9209 (Online)
УДК 911.2:528

Организаторы:
Международная картографическая ассоциация (МКА),
Международная академия наук Евразии,
Центр мировой системы данных по географии ICSU-WDS,
Русское географическое общество,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ),
Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр
Российской академии наук» (КарНЦ РАН)

И 732 **ИнтерКарто/ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий:** Материалы Междунар. конф. – Т. 24, ч. 1. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – 605 с.

Сборник включает материалы, представленные на Международную конференцию ИнтерКарто/ИнтерГИС 24. В статьях рассматриваются теоретические и методические аспекты геоинформационного обеспечения экологических, экономических и социальных составляющих устойчивого развития, вопросы развития геоинформатики, картографии, дистанционного зондирования Земли, проблемы экологической устойчивости и оценки воздействия на окружающую среду. Также рассматриваются возможности геоинформационного картографирования биоразнообразия и охраны природы, разработки мобильных ГИС, создания виртуальных географических сред и опыт их применения. Сборник выпускается один раз в год начиная с 1994 г.

Главный редактор: **В.С. Тикунов** (МГУ, председатель комиссии «Геоинформатика для устойчивого развития» МКА)
Ответственный редактор: **М.В. Грибок** (МГУ)
Редакционная коллегия: **О.Е. Архипова** (Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону), **П.Я. Бакланов** (Тихоокеанский ин-т географии РАН, Владивосток), **В.С. Белозёров** (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь), **С.Н. Бобылёв** (МГУ), **Ф. Буйе** (член комиссии «Геоинформатика для устойчивого развития» МКА, Франция), **Вей Донг Цуи** (Нац. исслед. центр инженерии и геоматики, Китай), **Г. Гиенко** (Ун-т Аляски, США), **М. Говоров** (Университетский Колледж Маласпина, Канада), **С. Горин** (Ун-т Св. Кирилла и Мефодия, Македония), **Н. Карениколас** (Ун-т Аристотеля, Греция), **Е.Г. Капралов** (Санкт-Петербургский государственный университет), **Т. Кольчугина** (Корпорация технологий устойчивого развития, США), **А.В. Кошкарёв** (Институт географии РАН), **Х. Кремерс** (заместитель председателя комиссии «Геоинформатика для устойчивого развития» МКА, Германия), **А. Курбан** (Синьцзянский ин-т экологии и географии, Китай), **Х. Линь** (Китайский ун-т Гонконга), **Д.В. Лисицкий** (Сибирский государственный ун-т геосистем и технологий, Новосибирск), **И.К. Лурье** (МГУ), **Ф. Де Мейер** (Гентский ун-т, Бельгия), **В.А. Мелкий** (Сахалинский государственный ун-т, Южно-Сахалинск), **М.В. Ныpцов** (МГУ), **Г. Нямдава** (Министерство окружающей среды, зеленого развития и туризма, Монголия), **Ф. Ормелинг** (Ун-т Утрехта, Нидерланды), **А.В. Погорелов** (Кубанский государственный ун-т, Краснодар), **С.В. Пьянков** (Пермский государственный ун-т), **И.Н. Ротанова** (Алтайский государственный ун-т, Барнаул), **Н. Улугтекин** (Стамбульский технический ун-т, Турция), **Н.Н. Филатов** (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск), **М.-И. Фрейтас** (Гос. ун-т Сан-Паулу, Бразилия), **А.Н. Чумаченко** (Саратовский государственный ун-т).

При цитировании просим использовать точное наименование сборника.
Образцы цитирования:
Ivanov A.B., Petrov A.B. Title of the article. InterCarto/InterGIS. Proceedings of the International Conference. Petrozavodsk: KRC RAS, 2018, Vol. 24, part 1, pp. 110–120, DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-110-120 (для цитирования на английском языке).
Иванов И.О., Петров И.О. Название статьи // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – Т. 24, ч. 1. – С. 110–120, DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-110-120 (для цитирования на русском языке).

Адрес редакции: Лаборатория комплексного картографирования географического факультета МГУ, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, комн. 2209, тел.: +7(495)939-23-54, *e-mail*: intercarto@yandex.ru
Интернет-сайт: intercarto.msu.ru

Издание осуществлено за счет гранта РФФИ № 18-05-20048

© Международная картографическая ассоциация, 2018
© Коллектив авторов, 2018

InterCarto/InterGIS

GI SUPPORT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Proceedings of the International Conference
Petrozavodsk (Russia),
Bonn (Germany),
Anchorage (USA)
July 19 – August 1, 2018

Volume 24

Part 1

http://intercarto.msu.ru

Petrozavodsk
2018

ISSN 2414-9179 (Print)
ISSN 2414-9209 (Online)

Organized by:
International Cartographic Association (ICA),
International Eurasian Academy of Sciences,
World Data Center for Geography ICSU-WDS,
Russian Geographical Society,
M.V. Lomonosov Moscow State University (MSU),
Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (KRC RAS)

InterCarto/InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International Conference. Vol. 24, part 1. Petrozavodsk: KRC RAS, 2018. 605 p.

The Proceedings include papers presented at the InterCarto/InterGIS 24 International Conference that discuss theoretical and methodical aspects of GIS support of environmental, economic and social components of sustainable development, development of geoinformatics, cartography, remote sensing, environmental sustainability and evaluation of the impact on the environment. Also discusses the possibilities of biodiversity and nature protection mapping, development of mobile GIS, the creation of virtual geographic environments and the experience of their application. The Proceedings have been published once per year since 1994.

Editor-in-Chief: **V. Tikunov** (MSU, Chairman of ICA Commission GI for Sustainability)
Managing Editor: **M. Gribok** (MSU)
Editorial Board: **O. Arkhipova** (Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences (RAS), Rostov-on-Don), **P. Baklanov** (Pacific Institute of Geography RAS, Vladivostok), **V. Belozyorov** (North-Caucasus Federal University, Stavropol), **S. Bobylyov** (MSU), **F. Bouillé** (Member of ICA Commission GI for Sustainability, France), **A. Chumachenko** (Saratov State University), **Cui Weihong** (National Engineering Research Center for Geomatics of China), **N. Filatov** (Institute of Water Problems of the North of KRS RAS, Petrozavodsk), **M.I. Freitas** (UNESP Universidade Estadual Paulista, Brazil), **G. Gienko** (University of Alaska, USA), **S. Gorin** (Ss. Cyril and Methodius University, Macedonia), **M. Govorov** (Malaspina University College, Canada), **Hui Lin** (Chinese University of Hong Kong), **N. Karanikolas** (Aristotle University of Thessaloniki, Greece), **E. Kapralov** (St. Petersburg State University), **T. Kolchugina** (Sustainable Development Technology Corporation, USA), **A. Koshkaryov** (Institute of Geography RAS, Moscow), **H. Kremers** (Deputy Chairman of ICA Commission GI for Sustainability, Germany), **A. Kurban** (Xinjiang Institute of Ecology and Geography, China), **D. Lisitsky** (Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk), **I. Lourie** (MSU), **Ph. De Maeyer** (Ghent University, Belgium), **V. Melkiy** (Sakhalin State University), **G. Nyamdavaa (**Ministry of Environment, Green Development and Tourism, Mongolia), **M. Nyrtsov** (MSU), **F. Ormeling** (Utrecht University, Netherlands), **A. Pogorelov** (Kuban State University, Krasnodar), **S. Pyankov** (Perm State University), **I. Rotanova** (Altai State University, Barnaul), **N**. **Ulugtekin** (Istanbul Technical University, Turkey).

Please use the exact name of the Proceedings for citations.
Citation example:
Ivanov A.B., Petrov A.B. Title of the article. InterCarto/InterGIS. Proceedings of the International Conference. Petrozavodsk: KRC RAS, 2018, Vol. 24, part 1, pp. 110–120, DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-110-120.

Editorial Office:
Complex Mapping Laboratory, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;
119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, of. 2209; tel.: +7(495)939-23-54; *e-mail:* intercarto@yandex.ru
Website: intercarto.msu.ru

The publication realized by the grant from the Russian Foundation for Basic Research No 18-05-20048

© International Cartographic Association, 2018
© Authors, 2018

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

GIS AND CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR THE ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL DIMENSIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

УДК 574 (470)

Касимов Н.С.[1], Котова Т.В.[2], Тикунов В.С.[3]

ЭКОЛОГИЯ РОССИИ В НОВОМ КОМПЛЕКСНОМ АТЛАСЕ

АННОТАЦИЯ

Это фундаментальное комплексное научно-справочное издание, отражающее экологическую обстановку в стране на начало XXI в. Экологический атлас разработан Министерством природных ресурсов и экологии РФ, Русским географическим обществом, географическим факультетом Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (что и отражено на его титульной странице) на основе последних научно-методических и технологических достижений предметных наук и картографирования при сохранении преемственности с лучшими образцами отечественных и зарубежных картографических произведений. В работе над Атласом приняли участие более 30 организаций, в том числе ряд министерств, институты РАН, Роспотребнадзор и др.

При подготовке Атласа использовались материалы Государственной службы наблюдений за состоянием природной окружающей среды, государственная и ведомственная статистика, авторские разработки научных коллективов. Атлас содержит более 200 карт России масштаба 1 : 20 000 000–1 : 60 000 000 и мира масштаба 1 : 67 000 000–1 : 110 000, а также отдельных регионов страны более крупных масштабов. Атлас включает целый массив космических снимков разного масштаба, переводящих язык экологических карт в плоскость наблюдаемых пользователями типовых экологических ситуаций, придавая им

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, каф. геохимии ландшафтов и географии почв, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, академик РАН, *e-mail:* **info@geogr.msu.su**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, лаб. комплексного картографирования, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **tatianav.kotova@yandex.ru**

[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, лаб. комплексного картографирования, лаб. комплексного картографирования, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **vstikunov @yandex.ru**

наглядность и выразительность. Карты дополняют текстовые описания с графическими иллюстрациями и схемами.

Структура Атласа включает семь разделов. Во Вводном разделе показано место и дана оценка роли России, определяющей экологическую обстановку в масштабах мира. Далее последовательно представлены природные условия формирования экологической обстановки, влияние хозяйственной деятельности населения на природную среду, современная экологическая и медико-экологическая обстановка. Заключительный раздел освещает организационные и практические действия на национальном и международном уровне, направленные на оптимизацию окружающей среды в контексте устойчивого развития территорий. Атлас содержит целый ряд оригинальных разработок, представляющих экологическую катастрофу летом 2010 г., конфликты природопользования разного территориального уровня, экологические преступления и правонарушения, экологические портреты регионов России в СМИ, экологические проблемы ряда регионов России.

Издание предназначено для широкого круга читателей и может использоваться в широком спектре управленческой, хозяйственной, научной, образовательной и общественной деятельности. Особые надежды создатели атласа связывают с перспективами большей информированности населения страны о ее экологических проблемах и ожиданием подъема экологической культуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: комплексный экологический атлас, природные условия формирования экологической обстановки, антропогенное воздействие, экологическое состояние, сбалансированное развитие.

Nikolay S. Kasimov[1], Tatiana V. Kotova[2], Vladimir S. Tikunov[3]

ECOLOGY OF RUSSIA IN THE NEW MULTIDISCIPLINARY ATLAS

ABSTRACT

The Atlas is a fundamental integrated scientific and reference publication that presents the environmental situation in the country at the beginning of the XXI century. The Atlas was developed by the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, the Russian Geographical Society, and the Faculty of Geography of M.V. Lomonosov Moscow State University (which is reflected on its front page). It incorporates the latest scientific, methodological, and technological achievements of science and cartography while preserving continuity of the best examples of the national and foreign cartographic works. More than 30 organizations participated in its creation, including a number of ministries, institutes of the Russian Academy of Sciences, the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, etc.

The Atlas is based on materials from the State Environmental Observing Service, state and departmental statistics, and original research work. The Atlas contains more than 200 maps of Russia at scales of 1 : 20 000 000–1 : 60 000 000, the world at scales of 1 : 67 000 000–1 : 110 000, and the individual regions of the country on larger scales. The Atlas also includes an array of space

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Landscape Geochemistry and Soil Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, academician of RAS, *e-mail:* **info@geogr.msu.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **tatianav.kotova@yandex.ru**

[3] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **vstikunov@yandex.ru**

images of different scales that allow the users to use ecological maps in interpretation of observed typical environmental situation, facilitating comprehensibility and clarity. The maps are supplemented by the text descriptions with graphic graphs, illustrations, and diagrams.

The Atlas includes seven sections. The introductory section presents the assessment of Russia′s environmental situation and its global environmental role. Other sections describe the natural conditions that determine the ecological situation, the economic impact of the economic activity on the natural environment, and the modern ecological and medical-ecological situation. The final section covers organizational and implementation actions at the national and international levels aimed at optimizing the environment in the context of sustainable development of the territories. The Atlas provides references to the original research on the ecological disaster in the summer of 2010, conflicts between nature use and the environment at different territorial levels, environmental crimes and violations, environmental portraits of Russia's regions in the media, and environmental problems of several regions of Russia.

The publication is intended for a wide audience and can be used in a large number of management, economic, scientific, educational, and public activities. The authors of the Atlas hope that it will promote greater awareness of the country's population about its environmental problems and improve the country’s ecological culture.

KEYWORDS: multidisciplinary ecological atlas, natural conditions of formation of ecological situation, the anthropogenic impact, ecological status, sustainable development.

ВВЕДЕНИЕ

В конце 2017 г. вышел из печати Экологический атлас России. Атлас создан по инициативе Русского географического общества, поддержанной Министерством природных ресурсов и экологии РФ.

Экологический атлас России – это комплексное фундаментальное картографическое произведение, отображающее экологическую обстановку на территории России во всем многообразии проявлений взаимодействия общества и окружающей природной среды на современном этапе социально-экономического развития страны, связанном с усилившимися процессами глобализации и реализацией стратегии перехода к сбалансированному развитию. Атлас представляет широкий спектр актуальных проблем экологии через отраслевые и комплексные эколого-географические характеристики территории России и ее отдельных регионов.

Основные разработки по Атласу выполнены Географическим факультетом Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. К работе было привлечено более 30 ведущих научных и ведомственных организаций. Среди них Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС), Государственная служба наблюдений за состоянием окружающей природной среды, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), Институт географии РАН, Институт географии СО РАН им. В.Б. Сочавы, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, Ботанический институт РАН, Институт глобального климата и экологии РАН и Росгидромета, Институт космических исследований РАН и др.

Подготовка Атласа опиралась на опыт экологического атласного картографирования [Природные ресурсы и экология, 2002; Экологический атлас России, 2002; Национальный атлас России, 2008 и др.] и, в более широком плане, на традиции комплексного системного картографирования. Вместе с тем предприняты разработки по дальнейшему развитию научно-методических принципов экологического картографирования, информационному

насыщению Атласа через расширение тематики и углубление содержания карт посредством современных способов обработки и визуализации информации на базе многофункциональных геоинформационных технологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-справочный комплексный Экологический атлас России предназначен для отображения пространственно-временной информации об условиях формирования экологической обстановки, хозяйственном воздействии на природную среду, основных факторах антропогенного воздействия, определяющих экологическое состояние природной окружающей среды, о мерах, предпринимаемых для оздоровления окружающей среды и оптимизации экологической обстановки.

Отправные методологические установки атласа [Касимов и др., 2011]:

– совмещение двух подходов, идущих от природы к рационализации природопользования и от хозяйства к рационализации природопользования;

– многоуровенность (глобальный – национальный – региональный – локальный) отображения и системность, выявляющие экологические особенности России в сравнении с другими странами мира и региональные различия на федеральном фоне;

– сочетание антропоцентрического и геоцентрического принципов, когда человек и природная среда попеременно выступают в качестве субъектов и объектов оценки, отражаемых системой карт;

– рассмотрение экологических аспектов в неразрывной связке с экономическими и социальными;

– направленность на решение проблем сбалансированного развития страны в целом и ее регионов;

– актуальность в освещении экологической проблематики, исходящая из информационного обеспечения, теоретических, научно-методических и технологических достижений междисциплинарных исследований.

Разработка содержания карт Атласа проводилась на основе современных научных подходов (комплексного, системного, инвентаризационно-ресурсного, регионального, оценочно-прогнозного, эколого-географического, исторического, сравнительно-географического и др.), апробированных в современном экологическом картографировании.

Источниками для создания Атласа послужили материалы государственной службы наблюдений за состоянием окружающей природной среды, ведомственная статистика, оригинальные авторские разработки, материалы космической съемки, картографические и литературные источники.

Основные масштабы карт 1 : 70 000 000 (мир), 1 : 20 000 000–1 : 50 000 000 (Россия), 1 : 100 000–1 : 6 000 000 (регионы России). Вся информация представлена в Атласе в виде карт (более 200), текстов, космических снимков, дополненных рисунками, графиками, слайдами и др. Общий объем Атласа более 500 страниц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе вышеобозначенных научно-методических принципов разработана общая структура Атласа, состоящая из семи разделов. Названия разделов и их последовательность в целом следуют сложившейся парадигме эколого-географических исследований: *Вводный* (4 % от общего объема Атласа); *Природные условия формирования экологической обстановки* (19 %); *Воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду* (25 %); *Природные и техногенные опасности* (15 %); *Современная экологическая обстановка* (21 %); *Медико-экологическая обстановка* (5 %); *Мониторинг экологического состояния окружающей среды*

и охрана природы (11 %). Содержание атласа тематически сбалансировано, на что указывает доля, занимаемая каждым из разделов в общем объеме Атласа (в процентах*)*.

Вводный раздел открывается темой «Россия на экологической карте мира». В тексте и на картах (Энергопотребление на единицу продукции, Трансграничное загрязнение воздуха Европейской части России, Положение России относительно внешних экологических угроз, Антропогенное воздействие на окружающую среду) последовательно анализируется и оценивается положение российской территории в глобальной экологической системе, ее вклад в наблюдаемую деградацию среды планеты, из которых вытекает мера экологической ответственности страны, ее позиция в постановке и решении глобальных экологических проблем. Наряду с физической и административно-территориальной картой России в раздел включена общегеографическая карта Арктики, в настоящее время района сосредоточения политических, экономических, правовых, военно-стратегических, социальных и, не в меньшей мере, экологических межгосударственных интересов.

Раздел *Природные условия формирования экологической обстановки* включает более 20 тем, последовательно раскрывающих природные условия территории России посредством серии аналитических и интегральных карт климата, поверхностных вод, мерзлоты, почв и биоты. Сложность проектирования раздела заключалась в необходимости жесткого обоснованного отбора тематики, поскольку понятие о природных условиях объемлет характеристики многих природных компонентов, и очевидны прежние успешные наработки в тематическом отраслевом картографировании, реализованные в ранее изданных картографических произведениях. Он проводился: а) по актуальности и новизне отображаемых характеристик, б) по критерию наиболее полного соответствия идейному контексту всего произведения, в) степени интеграции и синтеза информации и г) с учетом необходимой взаимосвязанности и взаимодополняемости с картами других разделов. При этом отражались не только типичные многолетние проявления природных явлений и процессов, но и аномальные, повлиявшие на жизнь и хозяйственную деятельность человека и состояние природной окружающей среды. Раздел открывается картами «Ландшафты» и «Экологический потенциал ландшафтов». За ними следуют четыре новые карты, касающиеся оценки эффективности продукционных процессов экосистем России. Климатические карты («Типы климата», «Дискомфортность климата») дополнены сюжетами, раскрывающими ультрафиолетовую радиацию (шесть карт) и аномалии температуры воздуха (четыре карты). Закономерности и характер распространения вечной мерзлоты, столь многозначного для территории страны природного фактора, определяющего природно-хозяйственные режимы функционирования, нашли отражение на трех картах. Особое внимание уделено картам почвенного покрова, растительного и животного мира ввиду их роли в природных экосистемах и значимости как части природного капитала в сбалансированном развитии территорий.

Раздел *Воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду* условно можно разделить на три тематические группы – Население и экономика, Источники антропогенного воздействия и Последствия антропогенного воздействия. В разделе рассматриваются прежде всего характеристики населения и виды его хозяйственной деятельности, влияющие на состояние окружающей среды. Базовая общеэкономическая карта дополнена оригинальной картой природно-хозяйственного районирования, подготовленной с привлечением большого массива космических снимков. Она отражает дифференциацию территории России на районы с различной пространственно-временной структурой природопользования, исторически сложившейся в определенных природных и социально-экономических условиях и различающихся экологическим состоянием окружающей среды.

Важная сторона природопользования, обращенная к экологии, раскрывается на другой оригинальной, впервые составленной для территории России карте «Конфликты природопользования» масштаба 1 : 20 000 000 (рис. 1). Согласно концепции карты, выявление конфликтов природопользования является основой для регулирования существующих и потенциальных объемов эксплуатации экосистемных услуг в различных видах природопользования как непременное условие сбалансированного экологического развития территорий. Конфликты рассматриваются как проявления дисбаланса в системе «природа – население – хозяйство», вызванного несогласованной эксплуатацией экосистемных услуг в различных видах природопользования (промышленном, транспортном и т. д.).

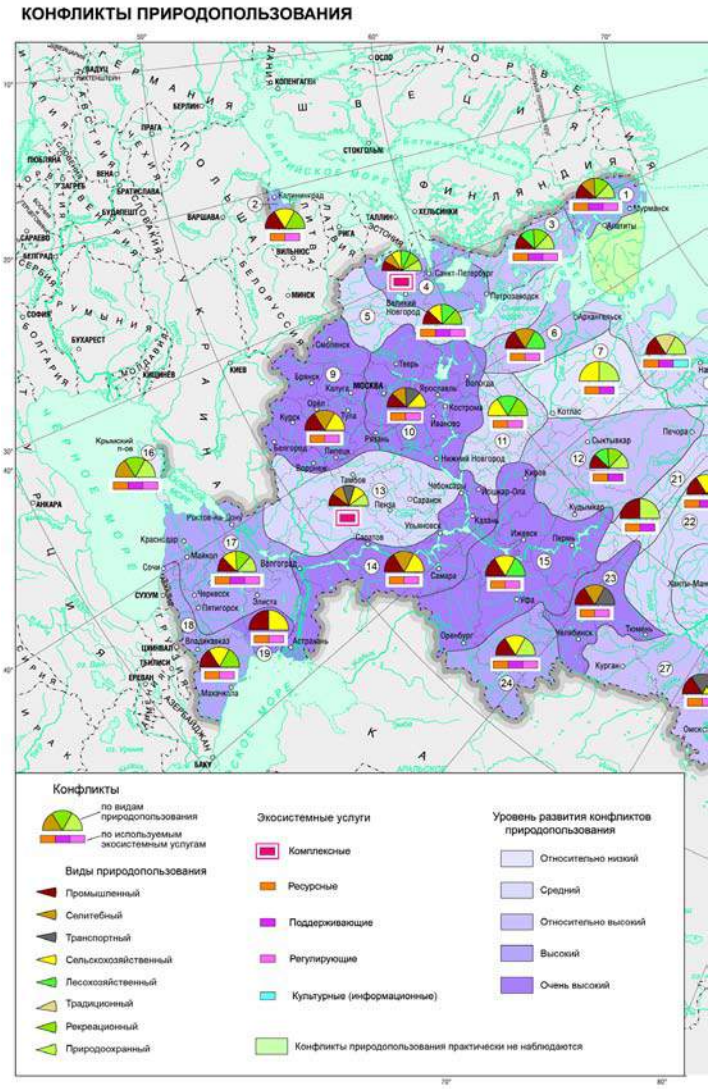


Рис. 1. Фрагмент карты «Конфликты природопользования»,
масштаб 1 : 20 000 000 (Т.М. Красовская)
Fig. 1. Part of map "Conflicts in natural resources management",
scale 1 : 20 000 000 (T.M. Krasovskaya)

Проявление конфликтов природопользования на локальном уровне представлено на примере двух территорий – антиподов в экологическом плане – территории, мало затронутой хозяйственной деятельностью (Керженский заповедник), и промышленного района, примыкающего к г. Кировску.

Источники и последствия антропогенного воздействия получили в Атласе многоплановое изображение по виду, характеру и уровню воздействия, по объектам воздействия с помощью карт и прежде всего широкого использования космических снимков. Карты, и в особенности космические снимки, с наглядностью, несвойственной другим видам визуализации, отображают источники и последствия воздействия различных отраслей промышленности (машиностроение, энергетика, черная и цветная металлургия, целлюлозно-бумажная, химическая, нефтеперерабатывающая и др.), различных видов транспорта (железнодорожный, водный, автомобильный, трубопроводный), сельского хозяйства и др.

Различные виды антропогенного воздействия сведены и показаны на карте комплексного антропогенного воздействия на окружающую среду (рис. 2) в диапазоне «очень высокое (критическое) – низкое» по административным единицам и городам.

Рис. 2. Фрагмент и легенда карты «Комплексное антропогенное воздействие», масштаб 1 : 20 000 000 (В.Р. Битюкова)
Fig. 2. Part of map "Multidimensional anthropogenic impact" and its legend, scale 1 : 20 000 000 (V.R. Bityukova)

Последствия антропогенного воздействия прослеживаются на картах нежелательной активизации природных процессов (криогенных, инженерно-криогенных на урбанизированных территориях), загрязнения и деградации различных природных сред: геологической (эколого-геологические условия), воздушной (структура выбросов, выбросы от стационарных источников, выбросы от топливных станций, выбросы от автотранспорта), водной (аварийное загрязнение поверхностных и подземных вод), почвенной (деградация почв).

Скопление отходов – уже наболевшая, трудно решаемая до настоящего времени экологическая проблема как на федеральном, так и на региональном и локальном уровнях, это показано на карте «Свалки твердых коммунальных отходов» масштаба 1 : 20 000 000 (федеральный уровень) и масштаба 1 : 2 000 000 (Московская область). Особенно опасны свалки в северных районах и в первую очередь в Российской Арктике, вопрос о ликвидации или санации которых приобрел особую остроту в последние годы и не снимается с повестки дня. На карте Арктики масштаба 1 : 20 000 000 обозначены и показаны различные типы скопления металлолома в прибрежных районах (рис. 3). Механизм и последствия скопления металлолома вследствие безответственного отношения к природе, типичного для многих районов страны, раскрывается на примере Камчатки.

Леса играют важную природоохранную, водорегулирующую, почвозащитную и средообразующую роль и составляют весомую часть национального богатства России. Наглядное представление об этом национальном богатстве дает карта Леса СССР, вышедшая в 1990 г. (скан карты помещен в Атласе). Она фактически отражает состояние лесов до начала перестройки. Сопоставление карты лесов с другими картами, показывающими их нарушенность и причины гибели, дает повод задуматься о возможных экологических, экономических и социальных последствиях вследствие нерационального, часто неконтролируемого по разным причинам природопользования. Эта тема получила наглядное отражение на картах динамики лесного фонда в центральной части европейской России и Подмосковье (региональный уровень) с середины XIX в.

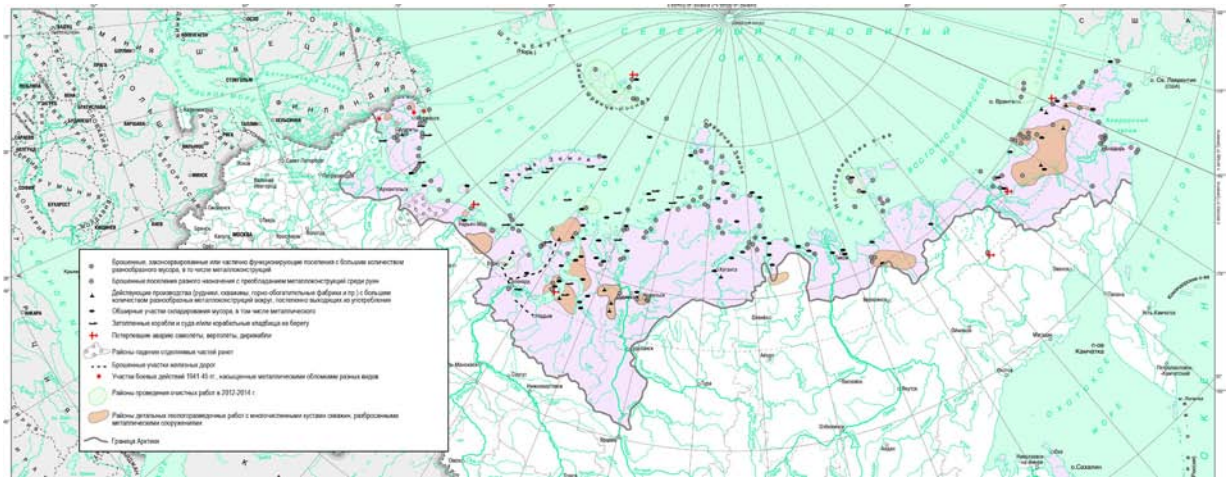


Рис. 3. Карта «Скопления металлолома в прибрежных районах Арктики», масштаб 1 : 20 000 000 (Ф.А. Романенко)
Fig. 3. Map "Accumulation of metal scrap in the coastal regions of the Arctic", scale 1 : 20 000 000 (F.A. Romanenko)

Последствия неблагоприятного воздействия на биоту представлены на интегральной карте «Обеднение растительного и животного мира» масштаба 1 : 20 000 000. Современное состояние биотического покрова оценено в категориях: незначительное обеднение, умеренное обеднение и значительное обеднение, при котором естественный биотический покров сильно нарушен, местами сильно изменен, и потери биологического разнообразия составляют 80, местами 100 %.

Рассмотрение экологических проблем не мыслится без отражения природных и техногенных опасностей, способных в кратчайшее время изменить экологическую обстановку. Раздел *Природные и техногенные опасности* содержит более 40 карт федерального и регионального уровня, отражающих широкий спектр природных (природные катастрофы в высокогорье, вулканическая деятельность, овражная эрозия, наводнения и др.) и техногенных (чрезвычайные ситуации в нефтегазовой отрасли, на водном транспорте, при разрушении гидротехнических сооружений и т. д.) опасностей для жизнедеятельности человека, в том числе впервые подготовленных карт ядовитых растений и растений-аллергенов.

Раздел *Современная экологическая обстановка* – один из основных в Атласе, тематически, методически и территориально многопланово освещающий экологические проблемы и их проявления в социальной и общественной жизни страны. В начале раздела помещена серия из девяти карт, созданных на основе обработки разнообразных статистических данных методами математико-картографического моделирования. Экологическая ситуация в регионах России проявляется по целому ряду абсолютных и относительных показателей (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников, образование твердых отходов, сброс загрязняющих сточных вод). Интегральная оценка передается через индекс напряженности, рассчитанный с использованием оценочного алгоритма. Модель дала возможность выявить регионы России с наихудшей экологической ситуацией и связать ее с концентрацией в них предприятий по добыче и первичной переработке ресурсов (рис. 4).

Рис. 4. Индекс напряженности экологической ситуации,
масштаб 1 : 38 000 000 (В.С. Тикунов, О.Ю. Черешня)
Fig. 4. Environmental stress index, scale 1 : 38 000 000 (V.S. Tikunov, O.Yu. Chereshnya)

Подробная характеристика экологической обстановки регионов с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности раскрывается на картах таких районов, как Хибины, Воркута, Норильск, Мончегорск, Курская магнитная аномалия, Старооскольский и Курско-Орловский железорудные районы, масштаб 1 : 100 000–1 : 2 500 000.

Экологические проблемы регионального уровня представлены на картах ряда регионов крайне уязвимых, с низкой устойчивостью к различного рода антропогенным воздействиям и в то же время испытывающим все возрастающую антропогенную нагрузку. Среди них такие регионы, как Арктика, Северное Причерноморье, Прибайкалье. Они выбраны по частоте упоминания в правительственных документах, выступлениях государственных деятелей, по приоритетам Русского географического общества в связи с экологией. Особое внимание уделено Крыму как региону, недавно вошедшему в состав Российской Федерации. На карте масштаба 1 : 1 000 000 отражена степень экологической напряженности, различные аспекты антропогенного воздействия на природную среду и объекты природного наследия республики. Яркий пример появления экологических проблем при освоении прежде не затронутых хозяйственной деятельностью территорий развивается в теме «Колымская ГЭС: история строительства и экологические проблемы».

Экологическая ситуация в формате отдельных природных компонентов представлена картами, отображающими устойчивость почв к загрязнению нефтью и нефтепродуктами, свинцом, селеном и цезием-137, экологическое состояние (земельные угодья, кормовые угодья) или его прикладную оценку (качество поверхностных вод, экстремально высокое загрязнение поверхностных вод, санитарно-гигиеническое состояние водных объектов и т. д.).

Лето 2010 г. вошло в летопись страны и надолго останется в памяти населения как период с крайне неблагоприятной и опасной социально-экологической ситуацией. Тема экологической катастрофы, вызвавшей неурожай и страшные пожары в течение двух месяцев на европейской, плотно заселенной территории России, представлена картами, передающими погодную и экологическую ситуацию, отозвавшуюся серьезным повышением уровня смертности, особенно в крупных мегаполисах.

Средства массовой информации являются одним из основных и оперативных источников знаний и информированности населения об экологической обстановке в регионах и событиях, имеющих отношение к экологии и природопользованию. Ответ, насколько объективны СМИ в подаче экологической информации, пытается дать аналитическое исследование, результаты которого отражены на оригинальных картах, таких, как «Освещение событий экологической тематики в СМИ» (рис. 5), «Региональные новостные сюжеты об опасных природных и климатических явлениях», «Региональные новостные сюжеты о негативном воздействии человека на окружающую среду и о загрязнении окружающей среды».

Среди причин, негативно влияющих на состояние окружающей природной среды, значительное место занимают нарушения природоохранных требований, содержащихся в федеральных и региональных законах и иных правовых документах, т. е. экологические правонарушения и наиболее опасная часть из них – экологические преступления, которые отличаются от административных экологических нарушений степенью общественной опасности. В Атласе соответственно помещены две карты России масштаба 1 : 20 000 000, показывающие количество нарушений (по субъектам РФ), количество лиц, привлеченных к административной ответственности, и сумму наложенных штрафов (экологические правонарушения), долю экологических преступлений в общем количестве зарегистрированных, наблюдаемые тенденции и структуру экологических преступлений.

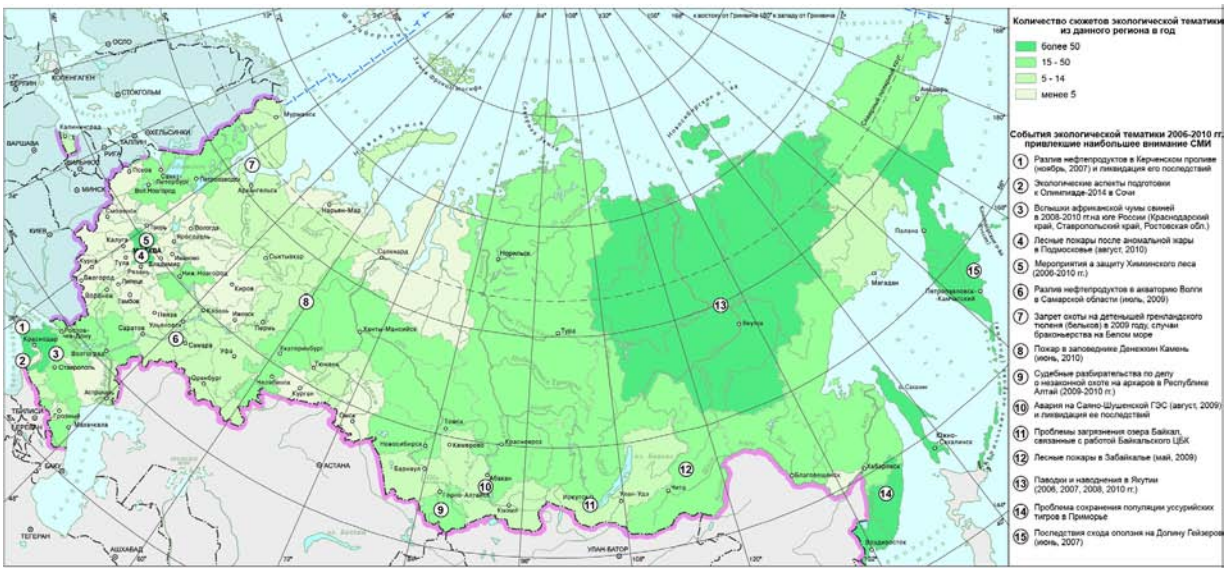


Рис. 5. Освещение событий экологической тематики в СМИ
(2006–2012 гг.) (М.В. Грибок)
Fig. 5. News media coverage of environmental issues (2006–2012) (M.V. Gribok)

Раздел завершается девятью картами экологической обстановки в морях.

Раздел *Медико-экологическая обстановка* открывается картами «Медико-экологическое районирование территории России» и «Индекс общественного здоровья» по субъектам РФ. Целая серия карт масштаба 1 : 40 000 000 передает заболеваемость населения (общую, инфекционные и паразитарные болезни), и в том числе экологически значимыми болезнями, к которым можно отнести злокачественные новообразования, болезни эндокринной системы, врожденные аномалии. Комплекс карт природноочаговых инфекций отражает болезни населения, непосредственно связанные с природной средой (клещевой энцефалит, туляремия, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, лихорадка Западного Нила, описторхоз, дифиллоботриоз). Восемь карт масштаба 1 : 40 000 000 показывают смертность (стандартизированный коэффициент смертности) от всех причин, от новообразований, от болезней органов дыхания и пищеварения – отдельно для мужчин и женщин по субъектам РФ. Отдельно составлена карта младенческой смертности. Карты дополнены графиками динамики показателей за 25-летний период.

В разделе Атласа *Мониторинг экологического состояния окружающей среды и охрана природы* карта «Экологический мониторинг» масштаба 1 : 20 000 000 и текстовое пояснение к ней представляют особенности организации мониторинга, институциональные особенности и задачи, стоящие перед ним. Последующий блок карт федерального уровня («Охрана природы», «Особо охраняемые природные территории», «Особо ценные водно-болотные угодья») дополняется картами отдельных ООПТ (Путоранский заповедник, Заказник Воробьевы горы и др.). Особо охраняемым природным территориям Москвы, состоянию ее зеленых зон, оценке загрязнения в Атласе уделено особое внимание.

Кроме темы, посвященной Красным книгам растений и животных, дается впервые подготовленный материал по Красной книге почв.

При написании целевых программ сбалансированного развития регионов с учетом их экономических, социальных и экологических особенностей и их последующей реализации необходима разработка практических и измеряемых интегральных показателей. Вопросы обоснования индикаторов и многоуровневой комплексной оценки сбалансированного раз-

вития выведены в самостоятельную тему. Освещаются результаты моделирования, их визуализация посредством двух картографических моделей (Рейтинг сбалансированного развития регионов и Соотношение компонент сбалансированного развития в рейтинге) с последующим анализом, оценкой методики и содержательной интерпретацией.

Значительным продвижением в интегральной оценке экологической ситуации стран мира стала впервые разработанная карта «Эколого-экономическая типология стран мира» (масштаб 1 : 70 000 000), построенная на взаимосвязанной оценке экономики и экологии. Типология стран исходит из совокупности большого числа показателей, интегрированных в два блока, первый – показатель качества жизни, второй – показатель негативного воздействия на окружающую среду, и представлена в матричной легенде. Линейными диаграммами по странам отражается продолжительность жизни как важнейший индикатор экологического и социально-экономического состояния жизненной среды (рис. 6).

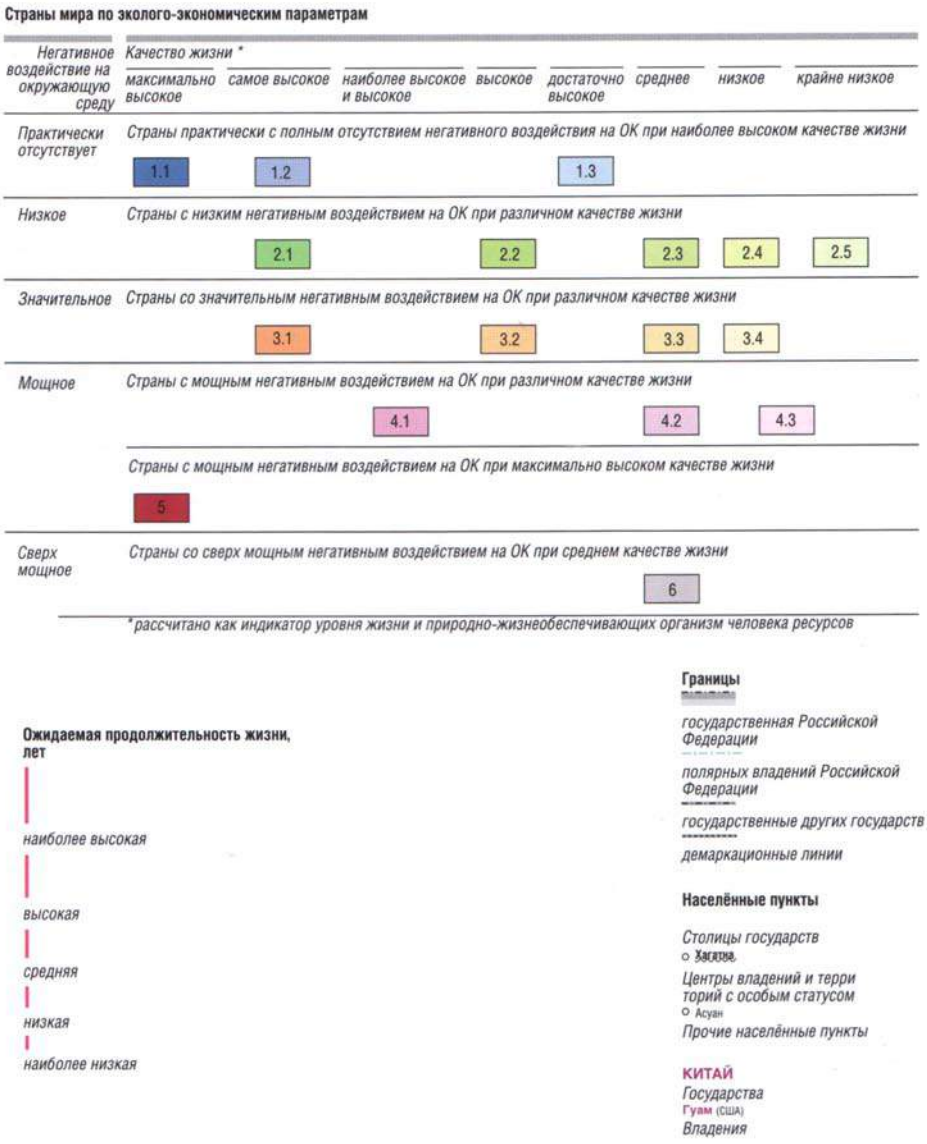


Рис. 6. Легенда карты «Эколого-экономические типы стран мира», масштаб 1 : 70 000 000 (Г.И. Гладкевич)
Fig. 6. Legend of map "Eco-economic types of countries", scale 1 : 70 000 000 (G.I. Gladkevich)

Логическим завершением вводной темы «Россия в глобальной экологической системе», как и последующих, раскрывающих, анализирующих и оценивающих экологическое положение России, служит заключительная тема «Экологические преимущества Российской Федерации и их капитализация. Россия на рынке экосистемных услуг». Россия рассматривается как один из «экологических доноров» планеты, который вносит большой вклад в обеспечение глобальной устойчивости. Капитализация экологических преимуществ страны может стать важным источником поддержания природного потенциала страны.

В конце Атласа помещен список использованной литературы и сайтов.

Таким образом, новый Экологический атлас России:

– впервые дает возможность объективно оценить экологическую ситуацию России путем сравнения ее с другими странами мира по основным экологоформирующим компонентам и показателям, часть из которых вынесена на карты мира (световое загрязнение, уровень антропогенного воздействия, ресурсоемкость промышленных производств, энергоемкость экономики и др.);

– существенно расширил и обогатил отображение экологической проблематики посредством разработки и включения в Атлас новых оригинальных тем. Кроме отмеченных при характеристике разделов, это также «Положение России относительно внешних экологических угроз», «Устойчивость почв к загрязнению нефтью и нефтепродуктами», «Экологический мониторинг», «Природно-экологический каркас Москвы», «Красная книга почв» и др.

– впервые при освещении экологических проблем столь широко обращается к информации космических снимков («Продукционные процессы экосистем», «Ландшафты на космических снимках», «Структуры почвенного покрова» и др.), в большинстве случаев тогда, когда только космические снимки способны передать сущность и последствия экологической обстановки («Россия из космоса в разные сезоны», «Виды антропогенных нагрузок», «Промышленное загрязнение городов» и др.);

– оптимально сочетает эколого-географический и статистический (административно-территориальный) подходы в целях усиления практической значимости информации при решении научно-исследовательских и научно-производственных задач, оперирующих единицами административно-территориального деления (субъектами РФ).

Атлас наглядно и многосторонне представляет экологическую обстановку на территории России, возможные направления ее временного развития и комплекс мер, принимаемых для смягчения последствий экологического неблагополучия. Атлас будет не только пропагандировать идеи сохранения природы, но и раскрывать зависимость качества и разнообразия жизни от состояния и разнообразия ее природной среды, освещать накопленный опыт перехода к сбалансированному экологически безопасному развитию. Существенна идея вовлеченности и привлечения населения к решению экологических проблем при условии повышения его экологической культуры.

ВЫВОДЫ

Атлас отображает экологическую обстановку на территории России, акцентируя внимание на актуальных проблемах страны в целом и в регионах. Атласу придается многоцелевое назначение – использование в широком спектре управленческой, хозяйственной, научной, образовательной и общественной деятельности. Как информационно-справочное издание он будет полезен в определении и формулировании позиции России по вопросам формирования глобальной экологической политики и доли ее ответственности в решении различных вопросов, обеспечивающих экологическую безопасность страны.

Атлас даст возможность реализовать право населения на информацию, наглядно представить зависимость качества жизни от состояния природной окружающей среды, будет способствовать формированию нового сознания человека XXI века, занимающего активную позицию в улучшении экологии страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Экологический атлас России: новый проект // Материалы Междунар. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». 2011. С. 277–282.
2. Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. С. 146–150.
3. Природные ресурсы и экология. Федеральный атлас / Под ред. Н.Г. Рыбальского и В.В. Снакина. М., 2003. 280 с.
4. Экологический атлас России. М.: Карта, 2002. 128 с.

REFERENCES

1. Ecological Atlas of Russia. Moscow: Karta, 2002. 128 p. (in Russian).
2. *Kasimov N.S., Kotova T.V., Tikunov V.S.* The Ecological Atlas of Russia: new project. Materials of International Conference "Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience". 2011. P. 277–282 (in Russian).
3. The National Atlas of Russia. V. 2. Nature. Ecology. Moscow: Roskartografiya, 2007. P. 146–150 (in Russian).
4. Natural resources and the environment. Federal Atlas. Edited by Rybalsky N.G. and Snakin V.V. Moscow. 2003. 280 p. (in Russian).

УДК: 556.5:004.9(1/.2)

Филатов Н.Н.[1], Богданова М.С., Дерусова О.В., Литвиненко А.В., Толстиков А.В.

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается опыт разработки и создания ГИС, информационно-справочных систем, баз данных и атласов для водных объектов Республики Карелия и Севера Европейской части России. Для России при интенсивном использовании природных ресурсов: нефти, газа, леса, водных систем необходима разработка геоинформационных систем, позволяющих оценивать состояние территорий в интересах планирования, их использования для промышленности, строительства, сельского хозяйства, рекреации.

Цель создания информационно-справочных систем, баз данных, ГИС, атласов – использование их для планирования хозяйственной деятельности, обеспечения фундаментальных исследований, прогноза влияния климатических и антропогенных изменений на экосистемы, а также в образовании. Были выполнены надежные инвентаризационные работы с созданием электронных реестров, позволяющих оценить современный водоресурсный потенциал региона. Эта задача является актуальной как в целом для России, так и для самого озерного региона страны – Республики Карелия. Разработаны информационно-справочные системы (ИСС) для водных объектов Республики Карелия, а также для Белого моря, в которых были заложены элементы ГИС, современные цифровые карты регионов. ГИС для Белого моря представляет собой сетевой ресурс, созданный для работы в ГИС. Для системы разработан специальный ГИС-браузер, который обеспечивал прием затребованных файлов геопроектов и последующую их обработку в автономном режиме клиентом ИСС. Созданные в ИВПС КарНЦ РАН, специализированные ГИС и базы данных направлены на решение практических задач, связанных с управлением водными ресурсами, их охраной и рациональным водопользованием. Созданные информационные ресурсы могут стать прототипами подобных информационных продуктов для других регионов РФ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Республика Карелия, водосбор Белого моря, водные объекты, водные ресурсы, тематические ГИС, базы данных.

Nikolay N. Filatov[2], Maria S. Bogdanova, Olga V. Derusova, Aleksandr V. Litvinenko, Andrey V. Tolstikov

DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEMS OF WATER OBJECTS OF THE NORTHERN EUROPEAN PART OF RUSSIA

ABSTRACT

The article considers the experience of development and creation of GIS, information and reference systems, databases and atlases for water objects of the Republic of Karelia and the

[1] Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, д. 50, 183030, Петрозаводск, Россия, чл.-корр. РАН, *e-mail:* **nfilatov@rambler.ru**

[2] Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, A. Nevsky pr., 50, 183030, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, RAS Corr. Fellow, *e-mail:* **nfilatov@rambler.ru**

North of the European part of Russia. It is necessary to develop geoinformation systems due to intensive use of natural resources: oil, gas, forest, water systems in Russian Federation that allow assessing the state of the territories in the interests of planning, their use for industry, construction, agriculture, recreation. The purpose of creating information and reference systems, databases, GIS, atlases is to use them to target economic activities, provide basic research, predict the impact of climatic and anthropogenic changes on ecosystems, and also to use it in education. We carried out reliable inventory work with the creation of electronic registers, which allow us to assess the current water-resource potential of the region. This task is actual both for Russia as a whole and for the lake region of the country – the Republic of Karelia. Information and reference systems (IRS) for water objects of the Republic of Karelia, as well as for the White Sea, in which include GIS elements were created, modern digital maps of regions were developed. GIS for the White Sea is a network resource created to work in GIS. A special GIS browser was developed for the system, which provided the receipt of the requested geo-project files and their subsequent processing in an autonomous mode by the ISS client. The specialized GIS and databases created in the NWPI of the KarRC RAS are aimed at solving practical problems related to water resources management, their protection and rational water use. The created information resources can become prototypes of similar information products for other regions of the Russian Federation.

KEYWORDS: Republic of Karelia, Watershed of the White Sea, water objects, water resources, thematic GIS, databases.

ВВЕДЕНИЕ

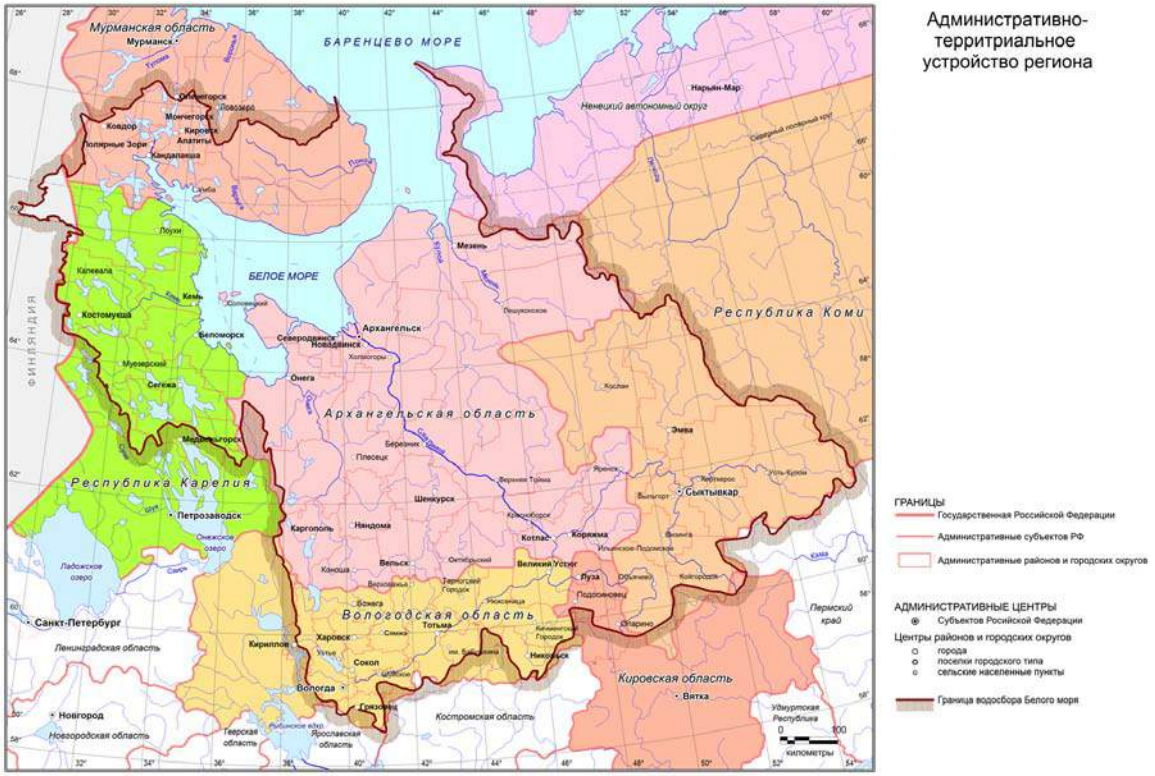


Рис. 1. Административно-территориальное устройство
Севера Европейской части РФ. Водосбор Белого моря
Fig. 1. Administrative-territorial structure of the North of the European part
of the Russian Federation. Watershed of the White Sea

В современных экономических условиях России при интенсивном использовании природных ресурсов: нефти, газа, леса, водных систем необходима разработка геоинформационных систем, позволяющих оценивать состояние территорий в интересах планирования, их использования для промышленности, строительства, сельского хозяйства, рекреации и т. д.

Проблемы использования и сохранения водных ресурсов Севера Европейской части России (ЕЧР), одного из самых богатых пресными водными ресурсами региона Российской Федерации, являются чрезвычайно актуальными в связи с тем, что эти ресурсы используются для питьевого и промышленного водоснабжения.

В настоящей статье рассмотрен опыт создания геоинформационных систем и баз данных, разработанных в Институте водных проблем Севера КарНЦ РАН для Республики Карелия и бассейна Белого моря, включающего такие субъекты РФ, как Мурманская, Архангельская, Вологодская области, Республики Карелия и Коми (рис. 1). Площадь этих регионов составляет почти 1,5 тыс. км^2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ГИС «Север»

Одной из первых геоинформационных систем для Севера Европейской части России была ГИС «Север», которая планировалась в качестве компонента единой системы ГИС органов государственной власти (ГИС ОГВ). ГИС «Север» создавалась по Постановлению правительства России организацией «Росгеоинформ» Федеральной службы Роскартография [Палло, Каминский, 1994]. При этом как основное требование для ГИС ОГВ предъявлялось к описанию структуры исходных данных и содержанию выходной информации.

На основе общих подходов планировалось создать ГИС так называемой «экологической направленности», которые были разработаны для ряда (порядка 15) субъектов РФ. Эти «экологические» ГИС должны были решать две главные задачи: обеспечение Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) и ведение Комплексного территориального кадастра природных ресурсов. Для ГИС экологической направленности, осуществляющих информационную поддержку природоохранной деятельности на уровне субъекта Федерации, использовались в качестве основы данные государственной статистики (формы 2-ТП-водхоз, 2-ТП-воздух и др.), что должно было обеспечить единую начальную платформу для создаваемых систем. Привязка этих данных, как и данных о других тематических слоях, осуществлялась в основном для субъектов Федерации. В то же время для специализированных ГИС, например для водных объектов, такая привязка должна осуществляться для водосборов. Поэтому при создании ГИС, которые включали базы данных для субъектов Федерации и водосборов, требовались специальные подходы для гармонизации разнородных данных.

Большие сложности при создании комплексных экологических ГИС связаны также с различиями в структуре (стандартах) баз данных (БД), природных особенностей регионов. При разработке ГИС «Север» учитывался международный опыт создания экологических ГИС и банков данных и предусматривалась возможность интеграции их в Международные программы, такие, как CORINE, BGIS и GRID, что давало возможность решать задачи как на глобальном, так и региональном уровнях. Для ГИС «Север» широко использовались карты масштаба 1 : 1 000 000, которые охватывали достаточно большие части исследуемых субъектов РФ. В ГИС «Север» для территории Карелии представлена информация о закислении почв, выбросах в атмосферу серосодержащих соединений промышленными предприятиями, распространении загрязнений от предприятий. Кроме этого, представлены данные о водопотреблении и водопользовании в республике, показаны современные границы водосборов.

Основной проект ГИС «Север» передан администрации Республики Карелия для дальнейшего использования органами управления, научными и другими организациями, занимающимися изучением окружающей среды. Созданная в 1990-х гг. ГИС «Север» в дальнейшем не обновлялась, не было создано новых тематических слоев, что не позволяло в полной мере использовать ее для решения социальных, экологических и экономических задач регионов.

Применение ГИС-технологий при создании атласа «Белое море и водосбор»

При освоении ресурсов Арктики возрастает интерес к Белому морю и его водосбору как важному региону для развития водного и наземного транспорта, прокладки трубопроводов, при добыче биоресурсов, развитии туризма, рекреации и т. д. [Российская Арктика, 2014]. Однако реальную изученность океанологических характеристик и процессов нельзя признать равномерной и полной. За более чем столетнюю историю исследований Белого моря созданы базы данных, накоплены знания, которые в целом достаточны для решения задач современной морской деятельности. Вместе с тем выявляются значительные различия и пробелы в изученности морских экосистем на разных уровнях их организации. Беломорье (Белое море и водосбор) можно рассматривать как модель регионов Арктики, т. е. объект для калибрации и верификации разрабатываемых информационных систем, атласов, математических моделей, для оценки изменений и прогноза влияния климатических изменений на экосистемы, разработки моделей социо-эколого-экономических систем, а также систем поддержки принятия управленческих решений. Актуальной задачей для Арктической зоны РФ является оценка ресурсов и изменений экосистем при активизации хозяйства, климатических изменениях.

В ИВПС КарНЦ РАН имеется многолетний опыт изучения как акватории, так и водосбора Белого моря. Полученные исследования обобщены в коллективных монографиях, а также в созданных на основе ГИС-технологий комплексных электронных и бумажных атласах [Белое море..., 2007; Филатов и др., 2014].

Первая информационно-справочная система (ИСС) для Белого моря была разработана в [Растоскуев и др., 2002; Белое море.., 2007]. Она представляет собой сетевой ресурс, созданный для работы в ArcView GIS. Система нуждалась в предварительной настройке программного обеспечения, необходимые данные (файлы тематических слоев карт, графические файлы, текстовые файлы) загружались по запросу с помощью ГИС-сервера. Для системы был разработан специальный ГИС-браузер, который обеспечивал прием затребованных файлов геопроектов и последующую их обработку в автономном режиме клиентом ИСС.

Работы по созданию Атласа «Белое море и водосбор» проходили в два этапа. На первом этапе была разработана электронная версия атласа [Филатов и др., 2014], на втором – подготовлен оригинал-макет его бумажной версии (рис. 2).

Все работы, связанные с подготовкой картографических материалов, осуществлялись в среде программного обеспечения ГИС MapInfo Professional 12.5. В процессе создания тематических карт были использованы слои цифровой топографической карты масштаба 1 : 1 000 000, полученной в Федеральном картографическом фонде, разгруженные по объектному составу и генерализованные до необходимого масштаба. Карты водосбора представлены в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера, а карты акватории Белого моря – в нормально-цилиндрической проекции Меркатора (WGS84). Общее количество тематических карт в атласе – 50, из них в блоке «Водосбор» – 29 и в блоке «Белое море» – 21, а также 36 картосхем. К каждой карте имеется пояснительная записка, в том числе с дополнительными рисунками и графиками.

Материалы Атласа обобщены в картографическую базу данных в ГИС MapInfo «Атлас Белое море и водосбор», которая включает тематические слои, атрибутивные данные, растровые изображения и текстовые файлы. Структура картографической базы данных «Атлас Белое море и водосбор» представлена на рис. 3.

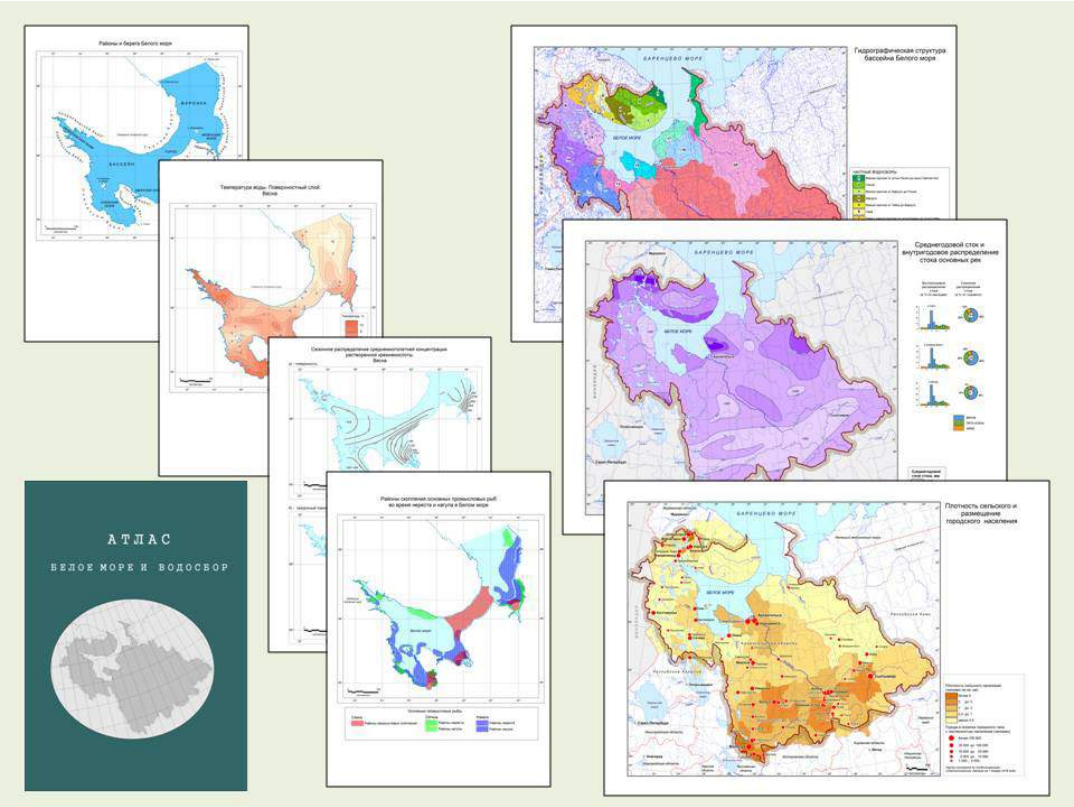


Рис. 2. Карты из разделов оригинал-макета Атласа «Белое море и водосбор»
Fig. 2. Maps from sections of the master layout of the Atlas "The White Sea and the catchment"

Рис. 3. Структура картографической базы данных «Атлас Белое море и водосбор»
Fig. 3. The structure of the map of data base "Atlas of the White Sea and the catchment"

Картографическая база данных «Атлас Белое море и водосбор» состоит из двух крупных блоков – «Водосбор» и «Белое море». Каждый блок состоит из нескольких подразделов, содержащих тематическую информацию. В блоке «Водосбор» информация разделена на два подраздела – «Природа» (содержит картографический материал и пояснительную информацию по геологии, климату, поверхностным водам, ландшафтам, болотам, особо охраняемым природным территориям) и «Социально-экономические особенности водосбора» (информация об административном устройстве территории, населении, промышленности и транспорте, а также об экологической ситуации и антропогенном воздействии на водосборе).

Блок «Белое море» включает следующие подразделы: «История формирования котловины моря» (на основе палеореконструкций); «Гидрология и гидрофизика» (информация о свойствах водных масс, течениях и т. п.); «Гидрохимия», «Гидробиология», а также подраздел «Археологические памятники Беломорья».

При наполнении картографической базы данных также были использованы материалы наших коллег из других организаций: П.В. Дружинина и М.В. Морошкиной (Институт экономики КарНЦ РАН); Н.В. Лобановой (Институт языка, литературы и истории КарНЦ РАН); И.А. Чернова (Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН); Д.Д. Бадюгова (МГУ им. Ломоносова) и других.

ГИС «Водные объекты и водохозяйственный комплекс Республики Карелия»

Специфика гидрографической сети Карелии создает большие сложности для их учета, оценки и подготовки различных реестров и кадастров водных объектов. Для выполнения инвентаризационных работ требуется применение новых геоинформационных технологий, в которых представлена современная картографическая информация в цифровом виде, сопряженная с электронной базой данных, которую можно постоянно обновлять и пополнять. На первом этапе выполнены надежные инвентаризационные работы с созданием электронных реестров, позволяющих оценить современный водоресурсный потенциал региона [Филатов и др., 2014]. Причем эта задача является актуальной как в целом для России, так и для самого озерного региона страны – Республики Карелия.

По современным данным, общее число рек (включая Карельский перешеек) составляет 26,7 тыс. Суммарная их протяженность – 83 тыс. км, но 95 % из них – это водотоки длиной менее 10 км. Только 30 рек имеют длину более 100 км [Ресурсы..., 1972]. Основными структурными элементами гидрографической сети Карелии являются водоемы (озера и водохранилища), во многом определяющие специфику водных систем республики [Гашева, 1967]. На территории республики насчитывается 61,1 тыс. озер суммарной площадью около 18 тыс. км^2, а также 40 % акватории Ладожского и 80 % – Онежского озер, самых крупных пресноводных водоемов Европы. Озерность территории составляет 12 %, а с учетом карельских частей Онежского и Ладожского озер достигает 21 %, является одной из самых высоких в мире.

В ИВПС КарНЦ РАН разработаны ГИС водных объектов, гидротехнических сооружений, водохозяйственного комплекса Карелии.

ГИС «Водные объекты Республики Карелия» представляет собой картографическую базу данных, содержащую сведения по водным объектам Республики Карелии: водоемам, водотокам, а также речным бассейнам первого и второго порядка. Таблица «Водосборные бассейны» содержит информацию по 5 водосборным бассейнам 1-го порядка: Белое море, Каспийское море, Ботнический залив, Онежское озеро, Ладожское озеро, а также по 19 водосборным бассейнам 2-го порядка. Для водных объектов в таблицах «Водоемы» и «Водотоки» была разработана система уникальных кодов, которая позволила

идентифицировать 3524 озера и 2069 рек на карте масштаба 1 : 1 000 000. Структура таблиц по водным объектам включает информацию о кадастровом номере, морфометрии (площади озера, длине береговой линии, глубине, длине реки и т. п.), водоохранных зонах, прибрежных защитных полосах и категориях рыбохозяйственной значимости [Богданова и др., 2014]. Все таблицы базы данных связаны между собой общими ключевыми полями, благодаря этому реализуется работа по выполнению запросов, созданию выборок, графиков и тематических карт.

ГИС «Водные объекты Республики Карелия», а также созданные в ней картографические материалы использовались при создании «Атласа Онежского озера», «Справочника озера Карелии» и других научных изданий [см. Филатов и др., 2014].

ГИС «Водные объекты Республики Карелия» связана с базой данных «Водохозяйственный комплекс Республики Карелия».

База данных «Водохозяйственный комплекс Республики Карелия» представляет собой серию электронных таблиц, содержащих сведения по использованию водных объектов Республики Карелии: водохозяйственным участкам, организациям-водопользователям, разрешительным документам водопользователей, забору воды, сбросу сточных воды, гидроэнергетике, рекреации, водному транспорту. Для осуществления связи между таблицами была разработана система индексных полей – код района, код населенного пункта, код водного объекта. Каждому водопользователю для идентификации был присвоен уникальный семизначный код, который складывается из кода района, кода населенного пункта и номера водопотребителя [Богданова и др., 2014]. База данных формируется для отдельного года. В настоящее время созданы базы по 2000, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015 гг., что дает возможность анализировать динамику водопотребления и водоотведения, влияния на качество природных вод и т. д. Все таблицы базы данных связаны между собой общими ключевыми полями, а также с данными ГИС «Водные объекты Республики Карелия». Для работы с базой данных разработана система запросов (рис. 4).

Рис. 4. Структура запросов в ГИС
Fig. 4. The structure of requests in GIS

ГИС «Современное состояние водных ресурсов Республики Карелия»

В настоящее время разработана новая ГИС «Современное состояние водных ресурсов Республики Карелии», в структуру которой входят шесть блоков: «Водосборы», «Водные объекты», «Водопользователи», «Ресурсы подземных вод», «Объекты изучения подземных вод», «Административно-территориальное устройство», содержащие картографическую и атрибутивную информацию (рис. 5).

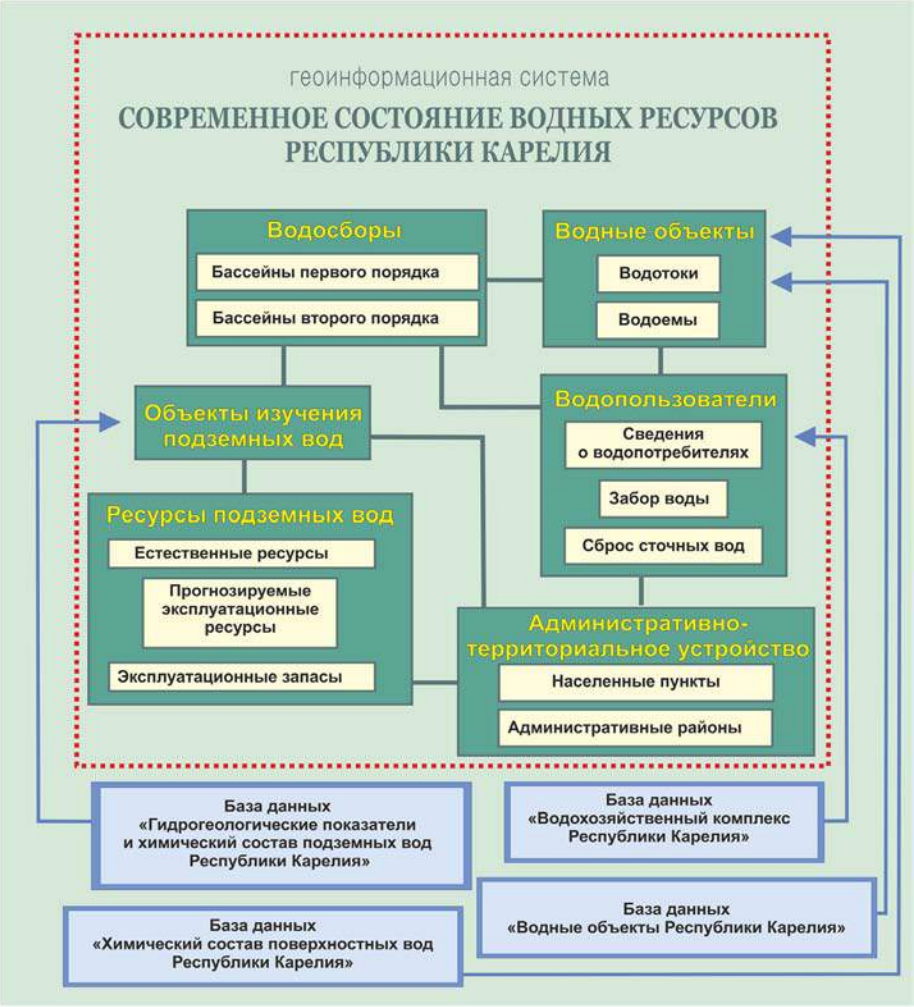


Рис. 5. Структура ГИС «Современное состояние водных ресурсов Республики Карелия»
Fig. 5. GIS structure "Current state of water resources of the Republic of Karelia"

Основная цель этой ГИС – обеспечивать процессы формирования, ведения и представления данных по использованию водных ресурсов Республики Карелия, включая:

– систематизацию существующей информации о водных ресурсах и водных объектах;
– объективную оценку состояния водных объектов по качественным и количественным показателям;
– оценку ресурсного потенциала подземных вод;
– анализ водопотребления и водоотведения и т. д.

В качестве базового программного средства ГИС использовалась лицензионная версия MapInfo 12.5, а также Access 2013. Для удобной работы с ГИС разработана система запросов, которая позволяет оперативно получать необходимую информацию, формиро-

вать нужные выборки данных за отдельный год или в динамике по годам, создавать отчеты и тематические карты. Все запросы для ГИС находятся в «Библиотеке запросов» и с легкостью могут быть загружены пользователем ГИС через меню «Запрос» в стандартном окне MapInfo 12.5. ГИС «Современное состояние водных ресурсов Республики Карелия» может быть использована в работе министерств, ведомств и других организаций, связанных с вопросами учета, рационального использования и охраны водных ресурсов. В дальнейшем ГИС будет совершенствоваться и дополняться новыми данными и функциями.

Опыт создания ГИС «Водные объекты на территории Республики Карелия» как подсистемы Единой географической информационной системы Республики Карелия (ЕГИС)

Специализированная автоматизированная система ГИС «Водные объекты на территории Республики Карелия» создана с применением современных геоинформационных технологий, цифровых карт масштаба 1 : 1 000 000. Работа выполнена в 2009 г. по заказу Министерства природных ресурсов РК для совершенствования систем управления ресурсами водных объектов региона и для решения фундаментальных научных задач. Институтом водных проблем Севера (ИВПС КарНЦ РАН) совместно с коллегами из отдела ГИС-технологий Петрозаводского государственного университета по заданию Министерства природных ресурсов по РК была выполнена работа по созданию подсистемы «Водные объекты на территории Республики Карелия», которая входит в Единую географическую информационную систему Республики Карелия (ЕГИС). Структура ГИС «Водные объекты Республики Карелия» состоит из нескольких цифровых картографических баз данных: «Водосборные бассейны РК», «Водоемы МПР», «Водотоки МПР», «Водохозяйственные участки», «Водопользователи РК», «Разрешительные документы водопользователей РК», «Гидроэнергетика РК», «Водозабор РК», «Водосброс РК», «Водный транспорт РК», «Рекреация РК», «Координаты водных объектов РК», содержащих картографическую и атрибутивную информацию. Все базы данных в ГИС связаны между собой кодификатором, это обеспечивает возможность оперативно работать с информацией по средствам запросов, а также создавать различные тематические карты. В ГИС «Водные объекты» разработана система запросов на получение информации:

В ГИС предусмотрено редактирование и добавление тематической информации с помощью интерфейсных форм и диалогов пользователя. Созданная геоинформационная система «Водные объекты на территории Республики Карелия» используется в настоящее время для информационно-картографического обеспечения деятельности Министерства природопользования и экологии Республики Карелия, а также заинтересованных ведомств и может быть использована как прототип для других регионов.

При создании ГИС были решены следующие задачи:

– разработано прикладное программное обеспечение для формирования информации по водным объектам, водопользователям и гидротехническим сооружениям на территории Республики Карелия;

– сформирована цифровая картографическая база данных, содержащая картографическую и атрибутивную информацию по водным объектам, водопользователям и гидротехническим сооружениям (ГТС) на территории РК;

– разработана структура базы данных и справочников;

– разработана организационно-технологическая схема для актуализации цифровых картографических и атрибутивных данных по водному фонду РК с необходимой периодичностью;

– разработан регламент информационного обмена между специальной ГИС «Водные объекты на территории Республики Карелия» и ЕГИС РК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

– Для регионов Севера ЕЧР было создано несколько специализированных геоинформационных систем водных объектов и водных ресурсов.

– Создана ГИС «Современное состояние водных ресурсов Республики Карелия».

– Для Белого моря и его водосбора разработана комплексная картографическая база данных, электронная и печатная версии общегеографического атласа, который представляет комплексную работу, дающую актуальные сведения о природе, социально экономической ситуации, населении, памятниках культуры и других характеристиках водосбора и современные сведения об океанографических характеристиках моря.

– Созданные ГИС водных ресурсов Республики Карелия были использованы для обеспечения практической деятельности Министерств и ведомств (Минприроды РК, Минэкономики РК) для ведения хозяйственной деятельности.

– Эти БД и ГИС необходимы для планирования экономической деятельности, развития туризма, рекреации, проектирования объектов экономики, ООПТ, для образовательной деятельности, а также для принятия управленческих решений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по Госзаданию ИВПС КарНЦ РАН. Тема: «Закономерности изменений экосистем Белого моря при интенсификации освоения Арктической зоны региона и под влиянием изменений климата», № госрегистрации АААА-А18-118032290034-5.

Авторы благодарят коллег из Институтов Экономики, Биологии, Геологии, Леса, Истории, языка и литературы, Прикладных математических исследований КарНЦ РАН, а также Географического факультета МГУ им. Ломоносова, ИО РАН, вместе с которыми был создан ряд тематических слоев ГИС Атласа «Белое море и водосбор».

ACKNOWLEDGEMENTS

The work was carried out in accordance with the State Project of the Northern Water Problems Institute of KarRC RAS. The theme: "Regularities of changes in the ecosystems of the White Sea in the intensification of development of the Arctic zone of the region and under the influence of climate change", No AAAA-A18-118032290034-5.

The authors are grateful to the colleagues from the Institutes of Economics, Biology, Geology, Forest, History, Language and Literature, Applied Mathematics of KarRC RAS, as well as the Faculty of Geography of Moscow State University, Oceanology Institute of RAS, together with which a number of thematic layers of the GIS Atlas of the White Sea and the catchment area were created.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белое море и водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов / Ред. Н. Филатов, А. Тержевик. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 349 с.

2. *Богданова М.С., Литвиненко А.В., Филатов Н.Н.* ГИС «Водные объекты Республики Карелия» как инструмент для решения задач управления водными ресурсами и их использования // «Экология. Экономика. Информатика». Сборник статей. Т. 2. Ростов-на-Дону, 2014. С. 45–49.

3. *Гашева В.Ф.* Некоторые особенности гидрографии КАССР. Сборник работ Ленинградской гидрометеообсерватории. 1967. Вып. 4. С. 103–114.

4. *Палло Л.Г., Каминский В.И.* ГИС–Север // ГИС-обозрение. М.: Росгеоинформ, 1994. 12 с.

5. *Растоскуев В.В., Донченко В.К., Филатов Н.Н.* Разработка экоинформационной системы «Белое море» // Материалы Междунар. конф. «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения». ИЭПС. Архангельск, 2002. С. 772–773.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. Л., 1972. 528 с.
7. Российская Арктика: современная парадигма развития / Под ред. акад. А.И. Татаркина. СПб.: Нестор-История, 2014 г. 844 с.
8. *Филатов Н.Н., Толстиков А.В., Богданова М.С., Литвиненко А.В., Меншуткин В.В.* Создание информационной системы и электронного атласа по состоянию и использованию ресурсов Белого моря и его водосбора // Арктика: экология и экономика. М., 2014. 3. С. 18–29.

REFERENCES

1. *Bogdanova M.S., Litvinenko A.V., Filatov N.N.* GIS "Water objects of the Republic of Karelia" as a tool for solving problems of water resources management and their use. Rostov-on-Don, 2014. P. 45–49 (in Russian).
2. *Filatov N.N., Tolstikov A.V., Bogdanova M.S., Litvinenko A.V., Menshutkin V.V.* Creation of the information system and electronic atlas on the state and use of the resources of the White Sea and its watershed. Arktika: ecology and the economy. Moscow, 2014. 3. P. 18–29 (in Russian).
3. *Gasheva V.F.* Some features of hydrography of KASSR. Sb. rabot Leningradskoy gidrometobservotorii. 1967. V. 4. P. 103–114 (in Russian).
4. *Pallo L.G., Kaminsky V.I.* GIS – North. Rosgeoinform. M.: GIS-review, 1994. 12 p. (in Russian).
5. *Rastoskyev V.V., Donchenko V.K., Filatov N.N.* Development of the eco-information system "White Sea". Materials of the International Conference "Ecology of the Northern Territories of Russia. Problems, the forecast of a situation, ways of development, decisions". IEEPS. Arkhangelsk, 2002. P. 772–773 (in Russian).
6. Russian Arctic: modern paradigma of development. Ed. by A.I. Tatarkin. SPb.: Nestor-Istoriya, 2014., 844 p. (in Russian).
7. Surface water resources. V. 2. Part. 1. L., 1972. 528 p. (in Russian).
8. White Sea and catchment under the influence of climatic and anthropogenic factors. Ed. N. Filatov, A. Terzhevik. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2007. 349 p. (in Russian).

УДК 001.8:[50+55]

Турков С.Л.[1]

НАЦИОНАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются методологические и некоторые прикладные вопросы разработки Национальной концепции устойчивого развития России как официальной доктрины ее развития (1996 г.). Цель и основное направление использования результатов – разработка «человеко-машинных» систем планирования (поддержки) принятия оптимальных управляющих решений для региональных и локальных организационных структур управления природопользованием (сложно организованные системы класса «природа – общество»).

В основу методологии исследования положены: новая парадигма системного представления мира, теория «ноосферы» П.Т. де Шардена, Э. ЛеРуа (1927), В.И. Вернадского (1933), «новая теория энтропии» А.Н. Панченкова (1999). Объект исследования – Активные Сложно организованные Системы класса «природа – общество»; предмет – понятия «равновесие» сложных систем и Концепция «Устойчивого развития» ("Sustainable Development"); методы исследования – теоретико-игровое моделирование; «Игры с природой» ("Game against Nature", антагонистические, коалиционные, кооперативные, стратегические и др., требуемые по условиям постановки задач, игры. При моделировании этим обеспечивается полная интеграция всех доступных сегодня естественнонаучных знаний, а также возможность осуществления вычислительных операций ситуационного управления системами класса «природа – общество».

Предложен новый – «геосистемный» – подход к исследованию проблем устойчивого развития, включающий в себя возможности как внешнего («техногенного»), так и внутреннего (или «мягкого», т. е. поддерживающего и восстанавливающего экологический баланс) управления Природой и Обществом. В терминах «новой теории энтропии» разработаны научные формулировки следующих основных понятий: система класса «природа – общество», конфликт (в условиях «неопределенности»; это основной функциональный процесс их развития), «метазнания» геоэкологии, а также даны определения понятий «равновесие» и «устойчивое развитие». В качестве примеров проверки и использования прикладных результатов исследования приведены графические расчеты по двум антагонистическим играм ("Game against Nature"; 2- и 3-мерные векторные и растровые изображения). Для практической реализации Национальной концепции устойчивого развития в стране следует создать новую и достойную XXI в. «Индустрию знаний» (по Т. Стониеру, 1987), которая на национальном уровне должна исходить из формулы: «Цифровая России» = («цифровая Земля» + «цифровая экономика»).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: концепция, устойчивое развитие, Цифровая Земля.

---

[1] Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН, ул. Ким Ю Чена, 65, 680000, Хабаровск, Россия, *e-mail*: **slturkov@gmail.com**

Sergey L. Turkov[1]

NATIONAL CONCEPTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR RUSSIA

ABSTRACT

Submit for consideration some methodological and applied questions of working out the National conception of Sustainable Development for Russia, as the official doctrine for their general maturity (1996). The purpose and common direction for using of results – working out the "human-machine" systems of planning (or support) of making the optimum decisions for regions and locals organizing structures for control of natural resources use (the complexity organized systems of "nature-society" class).

In the base for researching has set: the new paradigm of system presentation of the world, the theory of "noosphere" by P.T. de Charden, E. Le Rua (1927), V.I. Vernadskiy (1933), the "new theory of entropiya" by A.N. Panchenkov (1999). The object of research are – the class of Active Complexity organized "nature-society" systems; the subject – concepts of "balance" for complexity systems and Conception of "Sustainable Development"; the methods for researching – are the Game-Theory modelling, the "Game against Nature", antagonistic, coalition, cooperative, strategic and others, which are demand by condition for staging problems, games. During to modelling this ensuring the full integration all of accessible today natural sciences knowledge, and then to use a chance carry out for computing operations of situation control for "nature – society" systems.

Offered the new – "geosystem" – approach with researching for the problems of sustainable development, which including itself the chances as external (the "technical-human"), as and internal (or the "clement", then support and restore the ecological balance) of control the Nature and Society. In the terms of the "new theory of entropiya" worked out the next scientist formulations of concepts: the class of "nature – society" system; the conflict (in it indefinite condition; this is the main functional process its development), "meta-knowledge" for geoecology, and alsopresented determination for concepts of "balance" and "sustainable development". In the quality of examples of proven reliability and using applied results of research were graphics calculation by second antagonistic games ("Game against Nature"). For practical realization of National conception of Sustainable Development in our country we need to make the new and reliable of XXI century "Knowledge Industry" (by T. Stonier, 1987), which on national level must to be way out of the next formula: "Figure of Russia" = ("figure of the Earth" + "figure of the economics").

KEYWORDS: conception, sustainable development, Digital Earth.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время главным для нашей цивилизации является решение проблемы устойчивого экономического и социального развития (комиссия Г.Х. Брундтланд, 1967). В 1993 г. она была впервые сформулирована и утверждена мировым сообществом в виде «Концепции устойчивого развития» ("Sustainable Development"; КУР в аббревиатуре ООН, 1995) и принята рядом стран (в США в 1993 г., в России – в 1996 г.) в качестве официальных доктрин их государственного развития [Environmental…, 1985]; (ФЗ РФ № 440 от 01.04.1996 г.).

[1] Computing Center of Far Eastern Branch of RAS, Kim Yu Chen str., 65, 680000, Khabarovsk, Russia, *e-mail*: **slturkov@gmail.com**

Сегодня эта Концепция всеми воспринимается в виде некоторой общей цивилизационной (или «гипотетически» допустимой и научно обоснованной) целевой функции будущих направлений развития Природы и Общества. Однако, несмотря на значительные усилия фундаментальной науки, до сих пор не совсем понятно, как ее реализовать в текущей практике управления в условиях современного развития территорий и сообществ разных (глобальный, региональный, локальный) уровней организации планеты, как достичь сформулированной в ней цели или объективно оценить степень приближения к ней. Вопросам теоретического решения данной проблемы на национальном уровне и посвящен настоящий доклад.

Известно, что после научных публикаций В.И. Вернадского по теории биосферы (1926) и, далее, «ноосферы (в определении Э. ЛеРуа и П.Т. де Шардена, 1927) прошло уже более 80 лет. Но если первая из них была теоретически и экспериментально подтверждена работами Дж. Лавлока и Л. Маргулис («Гея-гипотеза», 70-е гг. XX в.), то теория «ноосферы» до сих пор остается хотя и весьма конструктивной, но научной гипотезой. Нет в мире и принятой и опосредованной обществом практики использования основных положений данной теории. Это приводит только к дескриптивным, но не конструктивным и нормативным, представлениям науки о возможности ее практической реализации (в виде ГИС-, ГРИД-систем, нейронных сетей, "Blockchain", Conflict Resolution Network и всех иных AI-технологий), а также крайне ограничивает разработку конкретных модулей, моделей, методов и алгоритмов принятия оптимальных управляющих решений. Напомним, что под последними в современной философии понимается *«… точное предписание о выполнении в определенном порядке некоторой системы операций, ведущих к решению всех задач данного типа»* [Философский…, 1987. С. 16]. Сегодня становится всё более очевидным, что подобное – «механистическое» – мышление и такая позиция официальной науки уже серьезно блокируют дальнейшее развитие ее фундаментальных основ, а сама эта Концепция явно требует принципиального теоретического и технологического переосмысления.

Основные причины отсутствия методически и алгоритмически единого, полного и конкретного решения научных и прикладных проблем КУР глобального и национального уровней сводятся к следующим исходным моментам:

– общая недооценка научной сложности и неопределенности этой «Концепции» как таковой;

– факт необычайно широкого междисциплинарного, межотраслевого и социального характера ее проявления;

– функциональное единство глобального, регионального и локального уровней ее воздействия на сложно организованные природные и социальные системы;

– отсутствие методической (модельной и алгоритмической) общности и полноты методологии, теории и концептуального аппарата «ноосферного» мышления и экологического сознания;

– недостаток технологических (физических и математических) способов объяснения и формализации окружающего нас мира, а также технических средств и методов их практической реализации.

С позиций фундаментальной науки, сложившаяся (за исключением моделирования возможных последствий «Ядерной зимы» [Моисеев и др., 1985]) ситуация вполне объяснима. Так, в области методологии КУР – это попытки исследователей использовать в процессе ее решения старую парадигму (по И. Ньютону – «механистическое» мышление). Системный анализ показывает, что при этом главным сдерживающим фактором является неправильный выбор основного направления научного поиска в данной области знаний, в том чсле исходной парадигмы (или "ratio"; по: [Хёйзинга Й., 2007. С. 25, 306]). Поэтому при ее научно доказательном решении в качестве базового элемента в докладе предлагается ис-

пользовать теорию «ноосферы» В.И. Вернадского (1933) или следующее широко известное ее классическое определение: *«…о качественно новой форме организованности, возникающей при взаимодействии природы и общества, для которой характерна связь законов природы с законами мышления и социально-экономическими законами развития общества».*

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходные материалы для разработки Национальной КУР включают: термин «ноосфера» (по Э. ЛеРуа и П.Т. де Шардену, 1927) и его системная (функциональная) интерпретация в представлении последнего автора: *«…ноосфера стремится стать единой замкнутой системой, где каждый элемент в отдельности видит, чувствует, желает, страдает так же, как и все другие, и одновременно с ним»* [Шарден, 1987. С. 199]; аналогичная по названию теория В.И. Вернадского (1933). В основу методологии положены: современные физические (системные) представления об окружающем нас мире (Природе и Обществе) как о материально единой замкнутой системе. Последнее логически доказывается тем, что *«…мыслить мир, это не только его регистрировать, но придавать ему форму единства, которой он был бы лишен, если бы не был мыслим»* [Шарден, 1987. С. 197–198].

Основным методом исследования является «системный» подход (в его качественной эволюции в направлении «геосистемной» составляющей: одновременное и последовательное «внутреннее» и «внешнее» управление процессами функционирования и развития активными сложно организованными системами (АСС) класса «природа – общество»; состояния «равновесие» и «устойчивое развитие», "Sustainable Development").Общая технология познания предусматривала реализацию следующей общепринятой в фундаментальной науке логической схемы: «объект» <=> «предмет» => «методы исследования»; при этом в качестве полного результата исследования рассматривалась предложенная во Введении целевая функция (в виде последовательного перехода логики исследования от дескриптивного к конструктивному и, далее, к нормативному аспектам) взаимодействия Природы и Общества на всех требуемых (по входным условиям задач) уровнях управления глобальным, региональным и локальным природопользованием.

Основные методы исследования: математические аппараты теории игр (ТИ); теоретико-игровое моделирование; «Игры с природой» ("Game against Nature"), антагонистические, коалиционные, кооперативные, стратегические и др., требуемые по условиям постановки задач, игры, а также методы стратегического распознавания образов (РО). При моделировании этим обеспечивается полная интеграция всех доступных на сегодня естественнонаучных знаний, а также возможность осуществления вычислительных операций ситуационного управления АСС «природа – общество». В качестве специальных теорий и методов исследования также использовались: «Общая теория систем» Л. Берталанфи [Исследование…, 1969], кибернетики [Винер, 1968], синергетики [Хакен, 1980] и теории стохастических систем [Пугачев, Синицын, 2004], а также опыт и практика исследования сложных областей знаний [Моисеев и др., 1985].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Представленные в докладе результаты исследования могут быть сведены к следующим двум разделам. 1. Теоретическое обоснование и блок-схема (алгоритм) последовательного перехода от общей постановки Национальной КУР как таковой к моделям принятия оптимальных управляющих решений. 2. Некоторые примеры численных экспериментов и результаты визуального представления данных и знаний о возможной динамике АСС класса «природа – общество» («геосистемная» интерпретация процессов «равновесие» и «устойчивое развитие»). Все самые подробные на сегодня объясняющие описания

методологии, теории, концептуального аппарата исследования, всех методик и процедур численных экспериментов подробно изложены в [Турков, 2017а, б; Turkov, 2017].

При моделировании первой группы научных проблем КУР (рис. 1) в качестве исходных изначально были зафиксированы реально сложившиеся на сегодня условия, которые должны быть прямо учтены в качестве научных основ этой концепции. К ним относятся, во-первых, факт отсутствия даже каких-либо гипотетических попыток решения данной проблемы в условиях современной России, отчего она серьезно проигрывает на национальном и мировом уровнях. Ее функционирование проходит в некоторых критических моментах современного развития цивилизации в целом, когда в естествознании и науках о Земле и Обществе происходят естественное переосмысление их фундаментальных основ, а также смена принятых ими исходных научных парадигм и способов системного представления окружающего мира. Во-вторых, современный научный и технический уровень достиг такого состояния, когда он технологически позволяет нам перейти от процесса дифференциации всех естественнонаучных знаний к их полной интеграции, т. е. на практике – на основе новой «Индустрии знаний» XXI в. [Экспертные…, 1987] это позволяет перейти к возможно более полному оптимальному системному представлению и управлению миром на всех уровнях организации планеты.

Для исходных условий постановки проблемы также очевиден следующий факт: в России и мире практически все научные публикации по проблемам КУР методически сводятся только к дескриптивному аспекту ее обсуждения, но не решают вопросы конструктивного и нормативного аспектов управления АСС класса «природа – общество». Подтверждением этого служат следующие документы: серия международных научных конференций «Интеркарто/ИнтерГИС» (см.: Материалы 1994–2017); серия тематических сборников «На пути к устойчивому развитию России» Центра экологической политики России (1993–2017 гг.); регулярные доклады Правительства РФ по данной тематике (с 1996 г.). и др. Но без этих двух последних аспектов априори невозможно реализовать главный смысл КУР, который определяется широко известным принципом «эквифинальности» Л. Берталанфи (1950): *«… система может достигать одного и того же конечного состояния при различных начальных условиях»* (оптимальность ее развития).

Из гносеологии и общественной практики известно, что любая новая парадигма, претендующая на мировое признание, по определению не будет воспринята обществом, если отсутствует ее полное физическое подтверждение, поскольку *«… только физическое завершение вещей связано с отчетливым восприятием их нами»* [Шарден, 1987. С. 197]. Поэтому первым элементом настоящего исследования явилась разработка «Основных физических и информационных характеристик современных парадигм системного представления мира» (см. табл. 1 в [Турков, 2017а, б; Turkov, 2017]). При этом новая – «ноосферная» – парадигма, где предусматривается «нормативный» подход, основана на двух исходных теориях: Единая Теория Поля (ЕТП), квантовая физика, конец XX в. [Тихоплав Т., Тихоплав В., 2002; Арнтц, 2013] и новой теории энтропии [Панченков, 1999]. В своей совокупности они полностью завершают процесс теоретического обоснования и доказательства теории «ноосферы» Э. ЛеРуа, П.Т. де Шардена и В.И. Вернадского, что позволяет совершенно по-иному интерпретировать физический смысл возникновения, функционирования и развития любых сложно организованных, природных и социальных систем. А это, в свою очередь, и при условии использования теорий кибернетики [Винер, 1968], синергетики [Хакен, 1980; Пригожин, 1985; Николис, Пригожин, 1990; Капра, 1991; Князева, Курдюмов, 1992; Делокаров, 2000], фракталов [Мандельброт, 2002], а также математических аппаратов ТИ и стратегического РО гарантирует возможность принятия оптимальных управляющих решений для любого класса АСС «природа – общество».

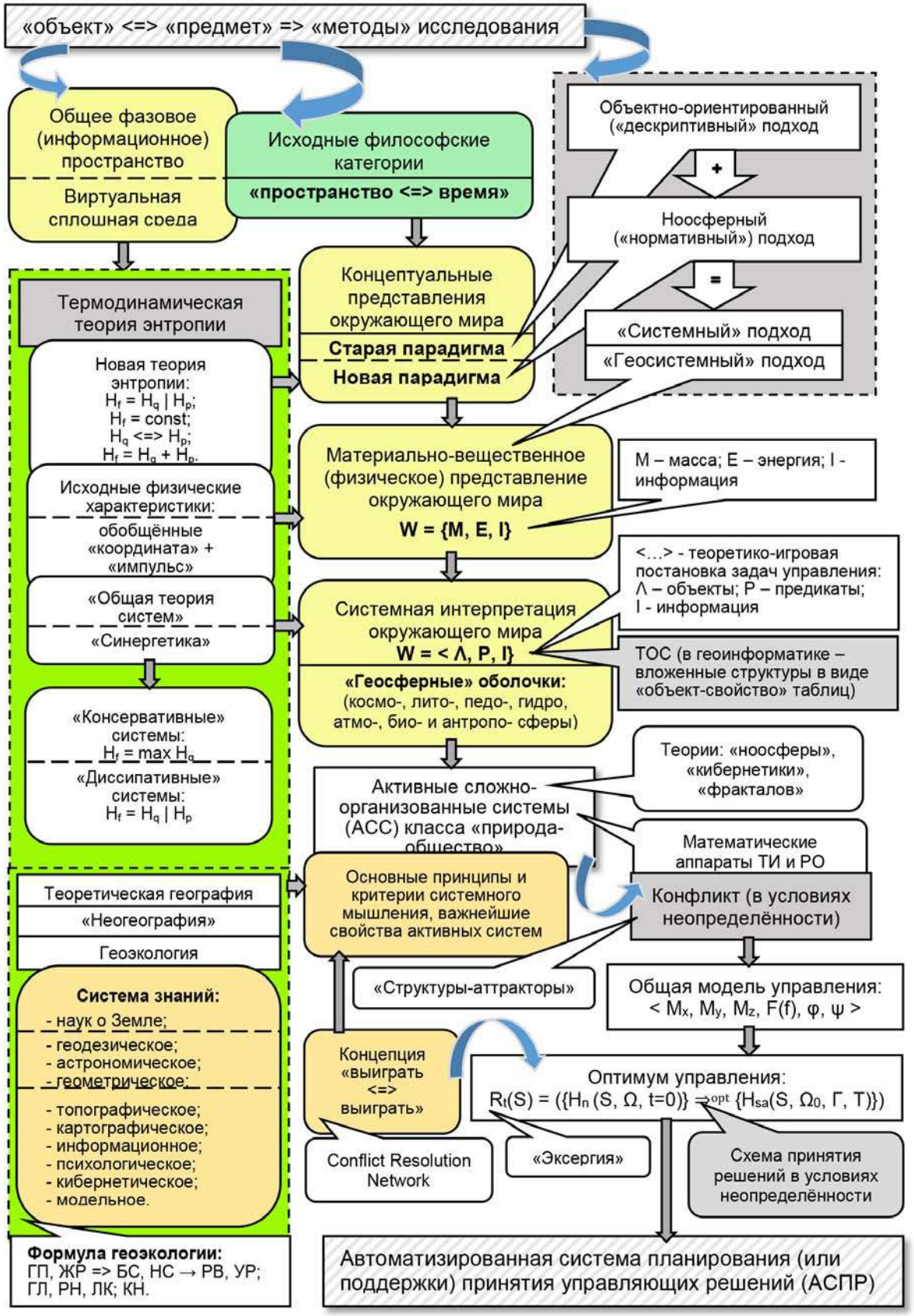
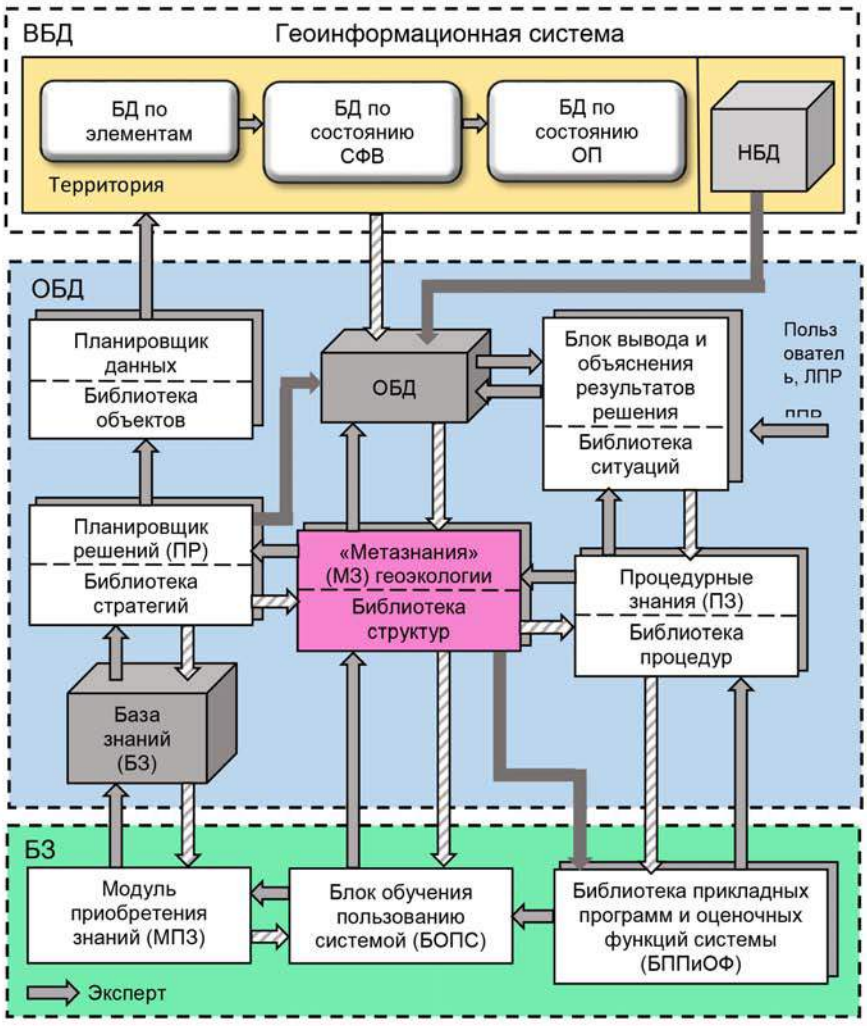


Рис. 1. Общая структура основных элементов КУР
Fig. 1. The main structure the basic elements of SDC

При выделении и модельной фиксации широкого междисциплинарного характера общего объекта и предмета исследования (КУР) использовались два первых известных постулата (или «принципа») Н. Бора: «соответствия» и «дополнительности» (1913). Это позволило разработать варианты трех возможных фазовых (информационных) состояний научных парадигм, или научных теорий (см. рис. 1 [Турков, 2017а]), а также ввести два новых, определяющих все дальнейшие модельные построения, понятия: АСС класса «природа – общество» и «метазнания» геоэкологии [Турков, 2017б; Turkov, 2017]. Кроме того, последнее понятие обеспечивает полное системное представление фазового (информационного) пространства сферы природопользования всех уровней (оно в целом синтезирует области знаний географии, экономики и их смешанных (региональных) составляющих, экологии и геоэкологии; (см. рис. 2 в [Турков, 2017а]).



ВБД, НБД, ОБД – внешний, нормативный и оперативный банки данных;
БЗ – база знаний;
СФВ – система физических взаимодействий: гравитационные, электромагнитные, ядерные (сильные и слабые);
ОП – обеспечивающая подсистема; внешние виды и ресурсы Природы и Общества;
МЗ – «метазнания» геоэкологии; космо– (ближний, до первой точки Лагранжа, космос), лито–, педо–, гидро–, атмо–, био–, антропо– сферы планеты.

Рис. 2. Архитектура автоматизированной системы принятия управляющих решений (АСПР)
Fig. 2. Architecture of an automated system for making decisions (ASMD)

В итоге была разработана архитектура автоматизированной системы принятия (или поддержки) управляющих решений в сфере регионального природопользования (АСПР); рис. 2. При этом ее центральное – логическое – «ядро» составляют именно «метазнания» геоэкологии, а также логическая структура ее формулы (см. рис. 1). Здесь же отметим, что в этих определениях были специально выделены их главные функциональные условия, которыми определяется вся дальнейшая логика разработки всех вычислительных алгоритмов: «конфликт» (в условиях неопределенности) и (по Н.В. Тимофееву-Ресовскому, 1968) – «коэволюция», или (по Н.Н. Моисееву, 1985) – «ноосферогенез» как основной функциональный процесс развития Природы и Общества в целом. Кроме этого, технологически в Национальной КУР выделяются три последовательно связанные подобласти: объектная, предметная и задачная; отсюда рис. 1, 2 логически определяют и связывают первую и третью подобласти, причем на первом этапе они были акцентированы, главным образом только на исходной информационной составляющей этой Концепции, т. е. на объектной, а не предметной ее подсистеме.

Сегодня известны более 100 основных законов, принципов и правил экологической аксиоматики [Реймерс, 1994], которые должны быть прямо учтены в блоке «Метазнаний» геоэкологии (см. рис. 2). Там же в виде специальных условий работы подсистемы логического вывода будущей АСПР должна быть представлена вся совокупность научных теорий, терминов и понятий, без которых в принципе невозможно теоретическое обоснование не только Национальной КУР, но и исследование любых иных физических процессов функционирования и развития АСС «природа – общество» в «пространстве – времени» (всего их 24; их полную хронологию, от понятия «энтропия», по Р. Клаузису, 1865 и до концепции «неогеографии», по Э. Тёрнеру, 2006, см.: [Турков, 2017а. С. 19–20]). Этими важнейшими элементами будет обеспечиваться вся логика принятия оптимальных управляющих решений АСПР в целом, т. е. работа ОБД этой системы. Таким образом, общее количество данных законов, правил и условий составляет ≈ 130–150.

Предметная подобласть АСПР представляет собой базовую основу теории (или «ядра») ее «метазнаний». Из синергетики известно, что любые сложно организованные системы в своей динамике последовательно «проходят» следующие четыре цикла развития: «возникновение» системы, ее «равновесие», «устойчивое развитие», «гибель» системы. Нами установлено, что для практических целей Национальной КУР особый интерес представляют второй и третий циклы ее динамики (они и представляют "ratio", или «…исходное начало, принцип, смысл» этой Концепции как таковой [Хёйзинга Й., 2007. С. 25; 306]). При этом могут быть выделены два технологически особых уровня управления АСС класса «природа – общество»: «внутренний» и «внешний». С целью их формализации в работах [Турков, 2017а; б; Turkov, 2017] представлены три исходные схемы и две основные формулы, которые и позволяют алгоритмизировать и формализовать процессы управления такими системами. При этом активно использовались «Основные принципы и критерии системного мышления, важнейшие свойства активных систем» (по [Капра, 1991]; всего их 16, два последних введены нами; см.: Приложение в [Турков, 2017а]).

С объектной подобластью управления в АСПР также связан следующий – после дескриптивного (или «информационного») – «конструктивный» аспект управления АСС «природа – общество». Дополнительными здесь являются два новых условия. Во-первых, выделение семи основных классов задач управления: это задачи интерпретации, диагностики и мониторинга, планирования и реконструкции, прогноза, ситуационного управления. Во-вторых, определение основных методов принятия управляющих решений для их использования в АСПР. Выбор последних осуществляется в зависимости от ранее определенного класса задач, а также из общего типа игр, позволяющих корректно решать их

в АСПР: «Игры с природой» ("Game against Nature"), антагонистические, коалиционные, кооперативные, стратегические и другие, требуемые по условиям постановки задач, игры, а также методы стратегического распознавания образов (РО) [Кондратьев, 1990].

На рис. 3 в качестве поясняющего примера представлена теоретико-игровая матрица принятия управляющих решений: здесь под R(j) понимаются природные ресурсы, а под S(i) все возможные и допустимые действия общества; тогда все внутренние элементы матрицы ($a_{i,j}$) будут представлять собой комплекс возникающих на территориях ситуаций. Подобные матрицы обычно рассматриваются в виде некоторого «вложенного» пакета, где каждая следующая за исходной матрица включает в себя все доступные для исследователя как общие, так и специализированные знания (законы распределения, формализованные представления, зависимости и т. п.) об исходном объекте управления. На основе их использования может быть успешно реализовано главное условие взаимодействия в системах класса «природа – общество»: конфликт (в условиях неопределенности). Другим важным их преимуществом является возможность расчета как чистых, так и смешанных стратегий поведения игроков, входящих в эту систему. И, наконец, результаты расчетов не единичны, а многозначны по своему смыслу: решение принимается на основе системного анализа и синтеза некоторых, близких по логике принятия и количественным величинам, «пятен» исследуемого процесса. Такая технология существенно (по объему информации и затратам времени) упрощает все предполагаемые технологические действия лица, принимающего управляющие решения (ЛПР), а также расширяет его информационные возможности в части системного анализа, синтеза и расчета будущих направлений регионального развития стратегического характера. На этом в принципе завершается дескриптивный аспект исследования КУР.

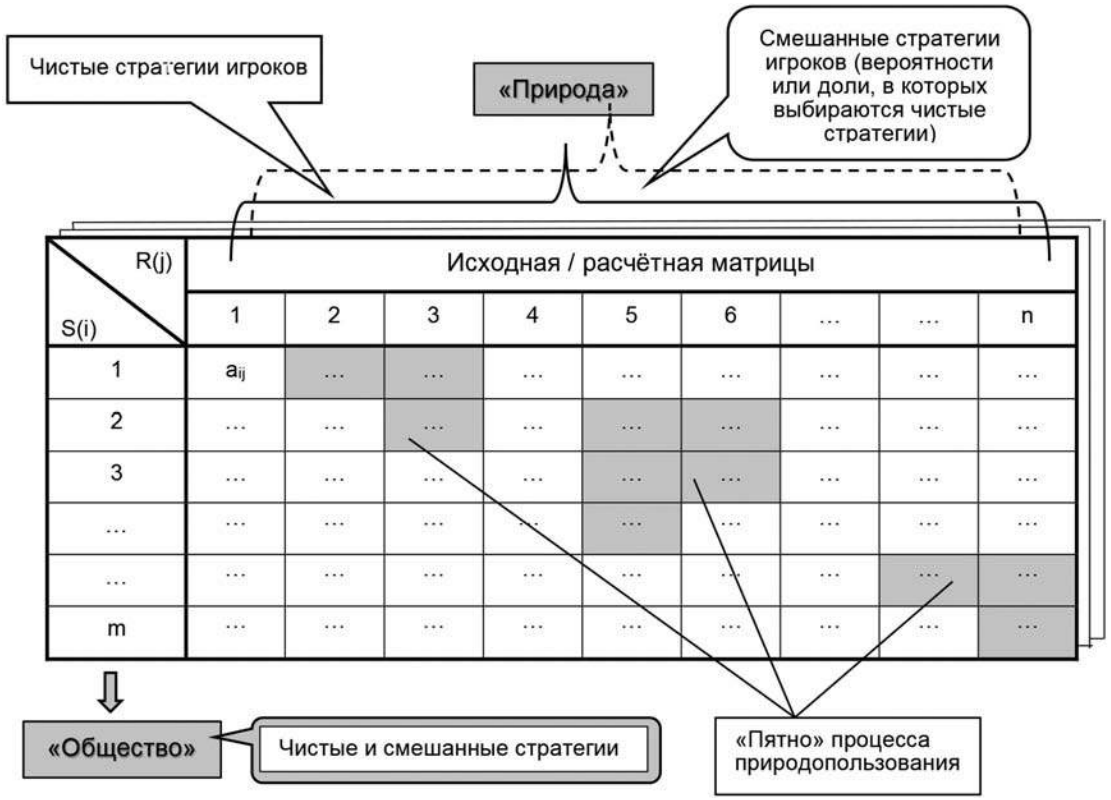


Рис. 3. Теоретико-игровая матрица принятия управляющих решений
Fig. 3. Game-theoretical matrix for making decision of control

Далее следуют конструктивный и нормативный аспекты: в АСПР первый обеспечивает специальную подготовку дескриптивной информации для заполнения исходной и всех других расчетных матриц, которые по существу представляют собой варианты принимаемых и анализируемых далее ЛПР некоторого набора вариантов возможного развития исследуемых АСС класса «природа – общество». Второй – относится уже к выбору каждого конкретного оптимального алгоритма принятия им управляющего решения. Наиболее подробно этот процесс можно проследить на следующем условном примере графического расчета двух антагонистических игр с Природой ("Game against Nature"; рис. 4, 5) [Полумиенко, 1997; Оуэн, 2008; Полумиенко и др., 2008].

На рис. 4 показаны решения двух матриц: |A| и |D|; первая является «исходной», вторая отражает результат последовательной ее трансформации с целью достижения «седловой» точки, или такого ее положения, когда достигается «равновесие» АСС класса «природа – общество», что явно лучше первого состояния. По результатам такого расчета, а также с учетом выбора «пятен» процесса природопользования (см. рис. 3) и следует принимать каждое конкретное управляющее решение в сфере локального и регионального уровней управления (это и есть рекомендуемая нами технология управления подобными процессами). На рис. 5 представлены трехмерные графические методы сравнения этих же двух матриц (|A| и |D|). Такие исследования проводились в рамках проекта: «Геоэкологическая» оценка вариантов эффективности природопользования (ВЦДВОРАН, 2017); здесь использовался известный пакет прикладных программ SPSS "Statistics" 17.0. При этом на отдельных плоскостях показаны возможности «векторного» и «растрового» представления результатов расчета этих матриц (рис. 5), или разных «пятен» процесса природопользования (см. рис. 3). В процессе принятия ЛПР управляющих решений они важны, во-первых, для предварительного выбора наиболее информативных групп вариантов функционирования и развития АСС «природа – общество» и, во-вторых, при решении классов задач диагностики и мониторинга, а также планирования и реконструкции (здесь используются методы «обратного» вывода в АСПР) подобных систем.

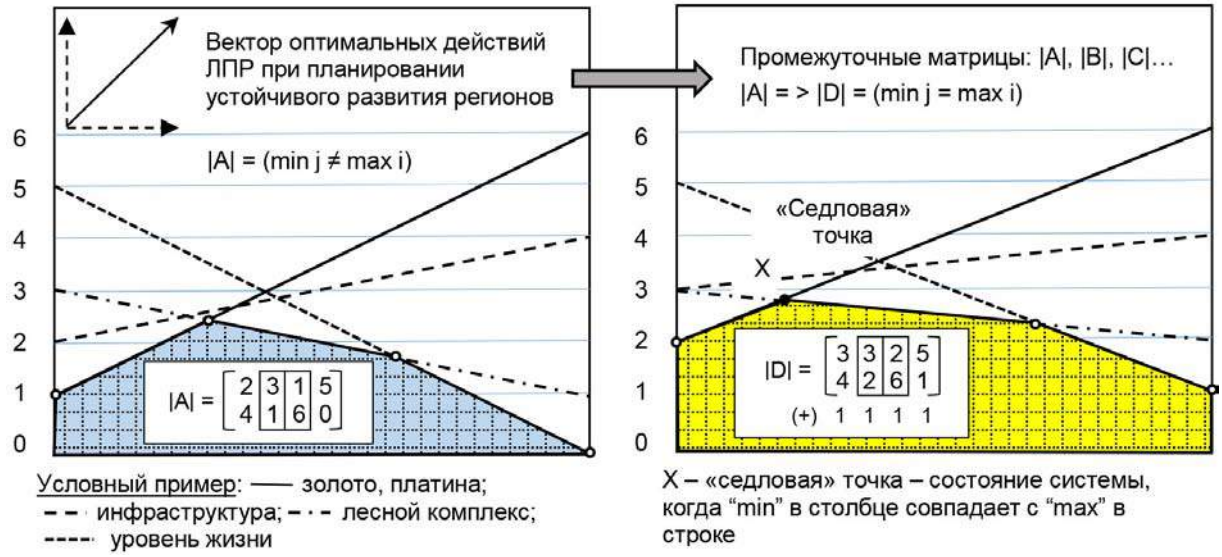


Рис. 4. Исходная |A| и выходная |D| матрицы
Fig. 4. Entrance |A| and outlet |D| matrix

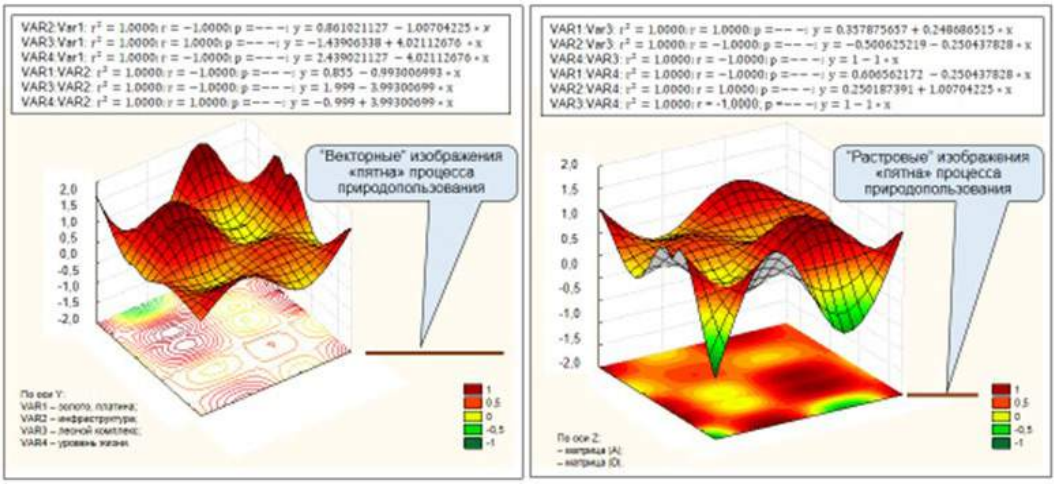


Рис. 5. Трехмерные графические методы сравнения 2-х матриц (|A| и |D|)
Fig. 5. Three-dimensional drawing methods for compared with 2-nd matrix (|A| and |D|)

Таким образом, с позиций ТИ ("Game against Nature") понятно, что процедура расчета параметров устойчивого развития любого региона будет связана с попытками ЛПР увеличить значение функции выигрыша (v) в каждой конкретной игре. Но для нас в данной ситуации выбора управляющего решения более важен следующий эффективный методический прием. Из графиков (см. рис. 4) видно, что любое подобное рассуждение ЛПР на практике сводится к простому перемещению граничных «точек» всех четырех прямых в его левой («исходный» элемент в рассматриваемой здесь R-Scистеме и в соответствующей матрице |A|) и «правой («выходной» элемент) частях. На рис. 4 эта процедура отмечена в виде «вектора» оптимальных действий ЛПР.

Иными словами, на всех этапах планирования и проектирования добиться роста эффективности развития любого района ЛПР в принципе может методически достаточно простыми операциями с параметрами матрицы |A|, а именно – путем ее трансформации в матрицу |D|, а также посредством процесса отслеживания в реальном масштабе времени результатов их изменения на графике, который представлен на рис. 4. Кроме того, согласно известной из ТИ теоремы (см.: формулы 2.5.22 – 2.5.24 [Оуэн, 1971. С. 50–51]) ЛПР всегда может рассчитать значения единственных оптимальных стратегий и выигрышей по играм Γ_1 и Γ_2 (или по: |A|, |D| и любым иным промежуточным матрицам), т. е. он имеет полную возможность выбора по условиям постановки общей проблемы Национальной КУР и отдельным условиям ее задач некоторого оптимального варианта своих практических действий.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее важная системная характеристика развития современной науки: конец XX века – информационная революция; XXI век – преобладание ее «синергетической» составляющей. Результаты исследования показывают, что без методологического перехода в естественных науках от традиционного («механистического») к новому – «ноосферному» – мышлению правильное решение теоретических и практических проблем КУР по определению невозможно, что наглядно подтверждается многолетним отрицательным опытом их решения. Но это можно успешно сделать на основе новой области знаний: «Метазнания» о Земле и Обществе (в рамках теории и методов "Operation′s Research" и "Knowledge Engineering").

2. Исходная, в том числе любая общественная и конфессиональная, основа и целевая функция устойчивого развития России – это полная и всеобщая (глобальная, региональная, локальная) «справедливость». Отсюда главная политическая и социальная цель предлагаемой Концепции – даже на бытовом уровне – в принципе должна быть полностью адекватна функциональному определению «ноосферы» П.Т. де Шардена (см.: раздел «Материалы и методы исследования»).

3. Главное отличие предлагаемой целевой функции – создание всеобщих цивилизационных норм и правил сбалансированного развития с целью сохранения планеты как таковой, а не реализация во многом меркантильных целей различных социальных и экономических групп, партий или отдельных лиц. Для ее практической реализации в стране следует создать новую и достойную XXI века «Индустрию знаний» (по Т. Стониеру, 1987), которая на национальном уровне технологически должна исходить из формулы: «Цифровая России» = («цифровая Земля» + «цифровая экономика»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арнтц У.* Кроличья нора, или Что мы знаем о себе и Вселенной / У. Арнтц, Б. Чейс, М. Висенте: пер. с англ. А.Н. Степановой. М.: Эксмо, 2013. 384 с.
2. *Винер Н.* Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине: пер. с англ. / Под ред. Г.Н. Поварова. М.: Сов. радио, 1968. 328 с.
3. *Делокаров К.Ч.* Системная парадигма современной науки и синергетика // Общественные науки и современность, 2000. № 6. С. 110–118.
4. Исследование по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. 599 с.
5. *Капра Ф.* Системное управление в 90-е годы / Проблемы теории и практики управления. 1991. № 4. С. 5–8.
6. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным / Вопросы философии, 1992. № 12. С. 3–20.
7. *Кондратьев А.И.* Теоретико-игровые распознающие алгоритмы. М.: Наука, 1990. 272 с.
8. *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы: Ин-т компьютерных исследований, 2002. 656 с.
9. *Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М.* Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 272 с.
10. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. Введение: пер с англ. М.: Мир, 1990. 344 с.
11. *Оуэн Г.* Теория игр: пер. с англ. / Под ред. А.А. Корбута. Изд. 4-е. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 216 с.
12. *Панченков А.Н.* Энтропия. Н. Новгород: Изд-во об-ва «Интелсервис», 1999. 592 с.
13. *Пригожин И.* От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках: пер. с англ. / Под ред. Ю.Л. Климонтовича. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 328 с.
14. *Полумиенко С.К.* О решении многоуровневых коалиционных динамических игр / Кибернетика и системный анализ, 1997. № 5. С. 76–85.
15. *Полумиенко С.К., Савин С.З., Турков С.Л.* Информационные модели и методы принятия решений в региональных эколого-экономических системах. Владивосток: Дальнаука, 2008. 356 с.
16. *Пугачев В.С., Синицын И.Н.* Теория стохастических систем: Учеб. пособие. М.: Логос, 2004. 1000 с.

17. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Россия молодая, 1994. 376 с.
18. *Тихоплав Т.С., Тихоплав В.Ю.* Физика веры. СПб.: ИД «Весь», 2002. 256 с.
19. *Турков С.Л.* «Метазнания» геоэкологии: методология, теория, концептуальный аппарат. Препр. № 225. Хабаровск: ВЦ ДВО РАН, 2017а. 45 с.
20. *Турков С.Л.* Моделирование процессов управления сложно организованными системами класса «природа – общество» // Интеркарто/ИнтерГИС-23: Материалы Междунар. конф. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017б. Т. 1. С. 117–130. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-117–130.
21. Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. 5-е изд. М.: Политиздат, 1987. 590 с.
22. *Хакен Г.* Синергетика: пер. с англ. / Под ред. Ю.Л. Климонтовича, С.М. Осовца. М.: Мир, 1980. 404 с.
23. *Хёйзинга Й.* Homoludens / Человек играющий / Пер. с нидерланд. Д. Сильвестрова. СПб: Изд. Дом «Азбука-классика», 2007. 384 с.
24. *Шарден П.Т.* Феномен человека. М.: Наука, 1987. 240 с.
25. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: пер. с англ. / Брукинг А., Джонс П., Кокс Ф. и др. / Под ред. М. Форсайта. М.: Радио и связь, 1987. 224 с.
26. Environmental aspects of the activities of transnational corporations: A survey. N.Y.: United Nations, 1985. 144 p.
27. *Turkov S.L.* Modelling the processes of control for complexity organized "nature – society" systems. European Journal of Technical and Natural Sciences. No 5. Vienna – Prague, Austria. 2017. P. 45–55. ISSN: 0976–2612.

REFERENCES

1. *Arntz W., Chasse B., Visente M.* What the bleep do we know? Trans. with Engl. A.N. Stepanovoy. M.: Eksmo, 2013. 384 p. (in Russian).
2. *Delokarov K.Ch.* The system paradigm of the modern science and synergetics. The society science and modernity. 2000, No 6. P. 110–118 (in Russian).
3. Environmental aspects of the activities of transnational corporations: A survey. N.Y.: United Nations, 1985. 144 p.
4. Expert systems. Principles of working and examples. Trans. with Engl. Bruking A., Dzhons P., Koks F. and oth. By edit. Forsayt M. M.: Radio and contact, 1987. 224 p. (in Russian).
5. *Haken H.* Synergetics. Trans. with Engl. By edit. Yu.L. Klimantovich, S.M. Osovsa. M.: Mir, 1980. 404 p. (in Russian).
6. *Huizinga J.* Homo ludens. Trans. with niderland. D. Sil'vestrov. SPb: Publ. house "Azbuka-klassika", 2007. 384 p. (in Russian).
7. *Kapra F.* The systems control for 90-th years. The problems of theory and practice for control. 1991, No 4. P. 5–8 (in Russian).
8. *Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P.* Synergetics as a new world outlook: dialogue with I. Prigozhin. The science of philosophy. 1992, No 12. P. 3–20 (in Russian).
9. *Kondrat'ev A.I.* The game-theory for recognition algorithms. M.: Nauka, 1990. 272 p. (in Russian).
10. *Mandel'brot B.* Fractal geometry for nature. Institute of computing researches, 2002. 656 p. (in Russian).
11. *Moiseev N.N., Aleksandrov V.V., Tarko A.M.* A human and biosphere. The knowledge of systems analysis and experiments with models. M.: Nauka, The main redaction of physical-mathematical sciences. 1985. 272 p. (in Russian).
12. *Nikolis G., Prigozhin I.* Knowledge for complexity. Introduction: Trans. with Engl. M.: Mir, 1990. 344 p. (in Russian).

13. *Owen G.* Game theory. Trans. with Engl. By edit. A.A. Korbut. Publ. 4th. M.: Publ. house LKI, 2008. 216 p. (in Russian).
14. *Panchenkov A.N.* Entropy. N. Novgorod: Ed. of society "Intelservis", 1999. 592 p. (in Russian).
15. Philosophy dictionary. By edit. I.T. Frolov. Publ. 5th. M.: Politizdat, 1987. 590 p. (in Russian).
16. *Prigozhin I.* In existence to origin. The time and complexity in physical sciences: Trans. with Engl. Under red. Klimontovich Yu. L. M.: Nauka, Gl. red. fiz.-mat. lit., 1985. 328 p. (in Russian).
17. *Polumienko S.K.* About solution of the large number levels coalition dynamic games. Cybernetics and system analysis, 1997, No 5. P. 76–85 (in Russian).
18. *Polumienko S.K., Savin C.Z., Turkov S.L.* The information models and methods of making decisions in regional ecology-economic systems. Vladivostok: Dalnauka, 2008. 356 p. (in Russian).
19. *Pugachev V.S., Sinitsyn I.N.* The theory of stochastic systems. The education manual. M.: Logos, 2004. 1000 p. (in Russian).
20. Research into general theory of systems. M.: Progress, 1969. 599 p. (in Russian).
21. *Reymers N.F.* Natural resources use: Dictionary-reference. M.: Rossiyamolodaya, 1994. 376 p. (in Russian).
22. *Sharden P.T.* Phenomenal of person. M.: Nauka, 1987. 240 p. (in Russian).
23. *Tihoplav T.S., Tihoplav V.Yu.* The physics of belief. SPb.: ID "Ves", 2002. 256 p. (in Russian).
24. *Turkov S.L.* "Metaknowledge" for geoecology: methodology, theory, conception apparatus. Prepr. No 225. Khabarovsk: CC DVO RAN, 2017a. 45 p. (in Russian).
25. *Turkov S.L.* Modelling the processes of control for complexity organized "nature – society" systems. Interkarto-InterGIS-23: Proceedings of the International Conference. Moscow: Moscow University Press, 2017b. V. 1. P. 117–130. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-117-130 (in Russian).
26. *Turkov S.L.* Modelling the processes of control for complexity organized "nature – society" systems. European Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna–Prague, Austria, 2017. No 5. P. 45–55. ISSN: 0976–2612.
27. *Wiener N.* Cybernetics or control and connection in animal and machine. Per. s angl. By edit. G.N. Povarov. M.: Sov. Radio, 1968. 328 p. (in Russian).

УДК: 26.8 65.04

Тикунов В.С.[1], Черешня О.Ю.[2]

РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

АННОТАЦИЯ

Сегодня оценке уровня экономики территориальных образований любого пространственно-иерархического уровня уделяется много внимания. Наряду с достаточно хорошо разработанными методиками оценки экономического роста предпринимаются попытки объективно оценить экономическое развитие территорий. О проблемах использования традиционных методик пишут лауреаты Нобелевской премии по экономике Джозеф Стиглиц (англ. Joseph Stiglitz) и Амартия Сен (англ. Amartya Sen), они занимаются активным поиском альтернатив.

В статье представлено продолжение исследования по разработанной авторами ранее методике интегральной оценки экономического развития и его отдельных компонент на уровне регионов Российской Федерации с помощью индекса экономического развития (ИЭР). Индекс учитывает опыт разработанных ранее подобных методик, при этом ставится задача минимизации используемых индикаторов с целью концентрации на наиболее важных из них и облегчения интерпретации результатов. Расчет индекса базируется на отобранных количественных показателях, которые на наш взгляд просты и при этом наиболее емко отражают качественные изменения в экономике, освоенный ресурсный потенциал региона, возможности личного потребления для населения, уровень производства товаров и услуг. При разработке индекса использованы только показатели официальной статистики, что позволило избежать искажений, связанных с субъективными оценками. Полученные результаты могут служить основой для мониторинга экономического развития и решения системных региональных проблем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономический индекс, экономическое развитие, ВРП, регионы России, инвестиции.

Vladimir S. Tikunov [3], Olga Yu. Chereshnia [4]

REGIONAL ASSESMENT OF ECONOMIC DEVELOPMENT

ABSTRACT

There are large number of methodologies for assessment the state of economy of countries and regions. Along with the estimation of economic growth, there are attempts to objectively assess economic development of territories. Such techniques exist in our country, but its usage is mainly limited to certain regions.

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, лаб. комплексного картографирования, заведующий, д.г.н., *e-mail:* **tikunov@geogr.msu.su**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, лаб. комплексного картографирования, научный сотрудник, к.г.н., *e-mail*: **chereshnia.o@geogr.msu.ru**

[3] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Head of Laboratory of Integrated Mapping, Doctor of Geography, *e-mail:* **tikunov@geogr.msu.su**

[4] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Integrated Mapping, scientific researcher, PhD, *e-mail:* **chereshnya.o@yandex.ru**

The article presents the continuation of research on the methodology developed by the authors for an integrated assessment of economic development and its individual components at the level of the regions of the Russian Federation with the help of the Economic Development Index (IED). This index takes into account the experience of similar techniques, but at the same time aims to minimize the number of indicators used in order to focus on the most important of them and to facilitate the interpretation of results. Calculation of the index based on selected numerical indicators which we believe are simple, and at the same time completely reflect qualitative changes in economy, development of resource potential of the region, level of personal consumption for the population, level of production of goods and services: gross regional product (GRP), value of fixed assets, foreign direct investment (FDI) and investments in fixed assets. All indicators referred to the average population. The methodology uses only indicators of official statistics, which helps to avoid distortion of subjective assessments. These results can be used to monitor changes in the level of economic development and to solve the system regional problems.

KEYWORDS: economic index, economic development, GRP, regions of Russia, investments.

ВВЕДЕНИЕ

Еще недавно подход к развитию как достижению экономических целей был главенствующим. В экономических теориях человек трактовался лишь как средство производства [Тупчиенко, 2012]. Считалось, что положительная корреляция между благосостоянием населения и макроэкономическими показателями близка к единице, поэтому объем внутреннего валового продукта на душу населения пользовался репутацией одного из самых важных индикаторов для оценки динамики благосостояния населения [Бородкин, Айвазян, 2006]. Но подход к измерению экономики претерпевает изменения на современном этапе развития науки, и акцент исследований смещается с показателей роста экономики на поиск показателей, отражающих качественные изменения.

Разницу между развитием экономики и ее ростом Й. Шумпетер в книге «Теория экономического развития» пояснил так: «Поставьте в ряд столько почтовых карет, сколько пожелаете, – железной дороги у вас при этом не получится». По Й. Шумпетеру, экономический рост – количественные изменения, т. е. увеличение производства и потребления одних и тех же товаров и услуг со временем, а экономическое развитие – положительные качественные изменения в производстве, в продукции, в услугах, в управлении, в экономике в целом, т. е. инновации [Шумпетер, 1982]. Рост носит сугубо количественный характер, а развитие предполагает качественные изменения.

Особенно большое значение приобретает необходимость оценки экономического развития в рамках концепции устойчивого развития. Концепция накладывает определенные ограничения на экономический рост, вызванные в первую очередь разрушительным воздействием на окружающую среду неконтролируемой эксплуатацией природных ресурсов, как минеральных, так и экологических. В рамках концепции устойчивого развития возникают новые подходы к оценке. И хотя ВВП остается одним из важнейших показателей для оценки состояния экономики, его недостаточно.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье представлено продолжение исследования по разработанной авторами методике интегральной оценки экономического развития и его отдельных компонент на уровне регионов Российской Федерации с помощью индекса экономического развития (ИЭР)

[Рубанов, 2009]. Расчет индекса экономического развития базируется на трех важнейших индикаторах развития экономики: валового регионального продукта, стоимости основных фондов и инвестициях. Рассмотрим подробнее выбор показателей.

В качестве ключевого значения для измерения экономических успехов обычно принимается объем производимых в рамках экономической деятельности материальных и нематериальных благ в стоимостном выражении – валовая добавленная стоимость, валовый внутренний продукт, валовый национальный продукт и валовый региональный продукт. Интенсивность производства благ, которая получается в результате перерасчета упомянутых показателей на число лиц, потребляющих услуги и товары (на душу населения) или их производящих (на одного занятого) [Жуков, 1973], дает качественное представление об эффективности использования ресурсного потенциала территории, а также выступает индикатором уровня материального благосостояния. Для индекса экономического развития в качестве ключевого показателя, характеризующего развитие экономики, используется показатель валового регионального продукта (ВРП) на душу населения. Это весьма инертный, медленно изменяющийся показатель, который учитывает успехи, неудачи и особенности экономического развития за длительный предшествующий расчетам период времени и отчасти перспективы развития экономики (случаи существенного снижения душевых показателей производства с высоких уровней в современной истории редки) [Рубанов, 2009].

Не менее важный индикатор национального богатства и производственного потенциала (в качестве материальной основы для успешного развития экономики региона) – стоимость основных фондов. Прежде всего основные фонды нужно рассматривать как ресурс. В.Т. Жуков и И.М. Маергойз отмечали, что они и мерило экономической мощи, и база текущего воспроизводственного процесса, и хозяйственной деятельности на территории [Жуков, 1973]. Основные фонды – произведенные активы, подлежащие использованию неоднократно или постоянно в течение длительного периода (но не менее года), для производства товаров, оказания рыночных и нерыночных услуг, для управленческих нужд либо для предоставления другим организациям за плату во временное владение и пользование или во временное пользование [Методологические положения..., 2006]. В процессе эксплуатации все элементы основных фондов изнашиваются и теряют часть своей первоначальной стоимости. Поэтому при оценке остаточной стоимости основных фондов для индекса экономического развития необходимо учитывать износ с помощью коэффициента износа. Такая характеристика состояния основных фондов достаточно условна, так как физический износ объектов происходит неравномерно во времени, а амортизационные отчисления производятся по постоянным нормам. Однако в период между генеральными инвентаризациями основных фондов другим путем оценить степень их износа практически невозможно. Чем больше срок функционирования данного вида основных фондов, тем меньше величина первоначальной стоимости за вычетом износа.

И, возможно, важнейший показатель, характеризующий возможности для качественных изменений в экономике, – инвестиции. Инвестиции могут выступать как один из основных факторов позитивного изменения экономики страны с сохранением индивидуальных особенностей хозяйствования каждого из экономических субъектов внутри ее территории, чего можно добиться за счет капиталовложений именно в те области хозяйствования региона, где выявлен наибольший потенциал. Подтверждает значение инвестирования то, что инвестиции на сегодняшний день концентрируются в крупных мегаполисах с хорошо развитой инфраструктурой, в богатых природными ресурсами регионах, тем самым улучшая социально-экономическое положение в них [Цыбенова, 2010]. Кроме того, инвестирование

имеет важное значение в функционировании экономики, поскольку оно представляет собой процесс перераспределения финансовых средств от субъектов, владеющих ими, к нуждающимся [Игошин, 2002]. Для учета инвестиций в индексе экономического развития используются прямые иностранные инвестиции и инвестиции в основной капитал.

Инвестиции в основной капитал прямо влияют на ввод производственных мощностей, на рост и обновление основных фондов и на темп экономического развития. А прямые иностранные инвестиции служат дополнительным источником денежных средств для расширения и обновления основного капитала, реализации инвестиционных программ и проектов, которые обеспечивают подъем и оживление экономики, создание новых рабочих мест, а также насыщение внутреннего рынка конкурентоспособными услугами и товарами. Приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в экономику любой страны зависит от ее экономического состояния и прогнозов стабильности ее экономики на среднесрочную перспективу. Так как они в основном направляются на развитие производства, то и отдача от них ожидается не ранее чем через несколько лет, а по некоторым проектам она может достигать и 5–8 лет, особенно по социально значимым проектам (например, строительство перерабатывающих заводов). Кроме того, инвесторы чутко реагируют на изменения в экономике и стремятся вовремя изъять свои вложения при наступлении неблагоприятных условий. Поэтому ПИИ выступают также прекрасным индикатором устойчивости развития экономики.

Итак, индекс экономического развития (ИЭР) интегрирует коэффициенты объективных количественных душевых показателей качественных изменений в экономике: валовый региональный продукт (ВРП), стоимость основных фондов, скорректированную на коэффициент износа, прямые иностранные инвестиции и инвестиции в основной капитал. Показатель ПИИ был переведен в рубли по курсу Всемирного банка[1] и вместе с показателем инвестиций в основной капитал объединен в единый показатель – инвестиции. Все показатели отнесены к среднегодовой численности населения. Для расчета индекса использовали оценочный алгоритм, разработанный одним из авторов статьи [Тикунов, 1997]. Он включает нормировку системы исходных показателей по формуле

$$\hat{x}_{ij} = \frac{\left|x_{ij} - \overset{0}{x}_j\right|}{\left|max/min^{x} - \overset{0}{x}_j\right|}, \; i = 1, 2, 3, \ldots, N; \; j = 1, 2, 3, \ldots, M, \qquad (1)$$

где $\overset{0}{x}_j$ – наихудшее значение (по каждому показателю) из всех встречающихся с точки зрения; $_{max/min}x$ – наиболее отличающиеся от $\overset{0}{x}_j$ значения показателей; N – число исследуемых территориальных единиц; M – число показателей, использованных для расчетов (3). Цель такой нормировки – перевод показателя в отклонение от заданного наилучшего или наихудшего значения. Полученные в результате нормировки ограничены отрезком [0, 1].

Обычно при построении классических рейтингов на основе агрегированных показателей используется либо простая сумма нормированных x, либо простое среднее (в некоторых случаях применяют взвешенную сумму или взвешенное среднее). Осредняя таким образом исходные показатели и превращая их в агрегированный индекс, мы неизбежно сводим все многообразие информации к некоторому узкому средневзвешенному уровню. Построенный с использованием простой аддитивности комплексный индекс может оценить ситуацию как вполне стабильную, даже если один из показателей будет критически низким, при условии, что другие показатели находятся в норме.

---

[1] Official exchange rate. URL: www.worldbank.org (accessed 25.07.2016)

Поэтому при синтезе интегрального показателя авторами используется метод расстояния до наихудшей единицы. Путем сравнения показателей всех территориальных единиц с условной, характеризуемой значениями $\overset{0}{x}$ выполнено их ранжирование. Это позволяет подчеркнуть влияние отдельных координат, имеющих аномально большие расстояния, поскольку они возводятся в квадрат. Применение этой меры потребовало обработки информационного массива по методу главных компонент с целью ортогонализации и «свертки» системы показателей [Зубаревич, 2012].

Полученные значения вектора-столбца d^0 интегральных оценочных характеристик для удобства дальнейшего анализа были дополнительно нормированы по формуле:

$$\hat{d}_i^o = \frac{d_i^0 - min d^0}{max d^0 - min d^0}, \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n. \qquad (2)$$

Величина d^0 варьирует от ноля до единицы. Ноль соответствует наихудшей комплексной оценке, а единица – наилучшей.

Использованный нами алгоритм позволяет также выделять однородные в оценочном отношении группы территорий. Достигается это разбиением соответствующих ранжированных значений ряда евклидовых расстояний на однородные ступени. Процедура выделения ступеней многовариантна и позволяет в каждом случае получать спектр вариантов группировки территорий в однородные группы при их разном числе. Качество разбиения оценивалось с помощью коэффициентов канонической корреляции [Тикунов, 1997], а также коэффициентов неоднородности, что позволяет выбрать один окончательный вариант, оптимальный со статистической точки зрения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе полученных значений и выделения однородных ступеней построена карта (рис. 1). Значения для 10 лидирующих и худших регионов представлены в табл. 1. С помощью методики цветового треугольника RGB были визуализированы доли составляющих индекса экономического развития (рис. 2).

Таблица 1. Значения ИЭР для 10 лидирующих и худших регионов
Table 1. IED values for 10 leading and worst regions

№	Регион	ИЭР	№	Регион	ИЭР
1	Ненецкий а. о.	0,990	73	Чувашская Республика	0,018
2	Ямало-Ненецкий а. о.	0,758	74	Кировская область	0,017
3	Сахалинская область	0,365	75	Алтайский край	0,016
4	Ханты-Мансийский а. о.	0,300	76	Ивановская область	0,013
5	Чукотский а. о.	0,188	77	Республика Северная Осетия – Алания	0,013
6	Москва	0,171	78	Карачаево-Черкесская Республика	0,013
7	Республика Коми	0,144	79	Республика Адыгея	0,012
8	Магаданская область	0,124	80	Республика Тыва	0,011
9	Республика Саха (Якутия)	0,123	81	Кабардино-Балкарская Республика	0,008
10	Тюменская область	0,119	82	Республика Ингушетия	0,001

Рис. 1. Индекс экономического развития 2014
Fig. 1. Economic Development Index 2014

Рис. 2. Соотношение компонент индекса экономического развития
Fig. 2. The ratio of the components of the index of economic development

Рассчитанные показатели ИЭР в целом соответствуют представлениям об отличиях в уровне экономического развития регионов России. Для Российской Федерации характерен колоссальный разрыв в экономическом разрыве между регионами-донорами и остальными регионами. Этот разрыв особенно контрастно виден на карте при использовании бесступенчатой шкалы (рис. 3).

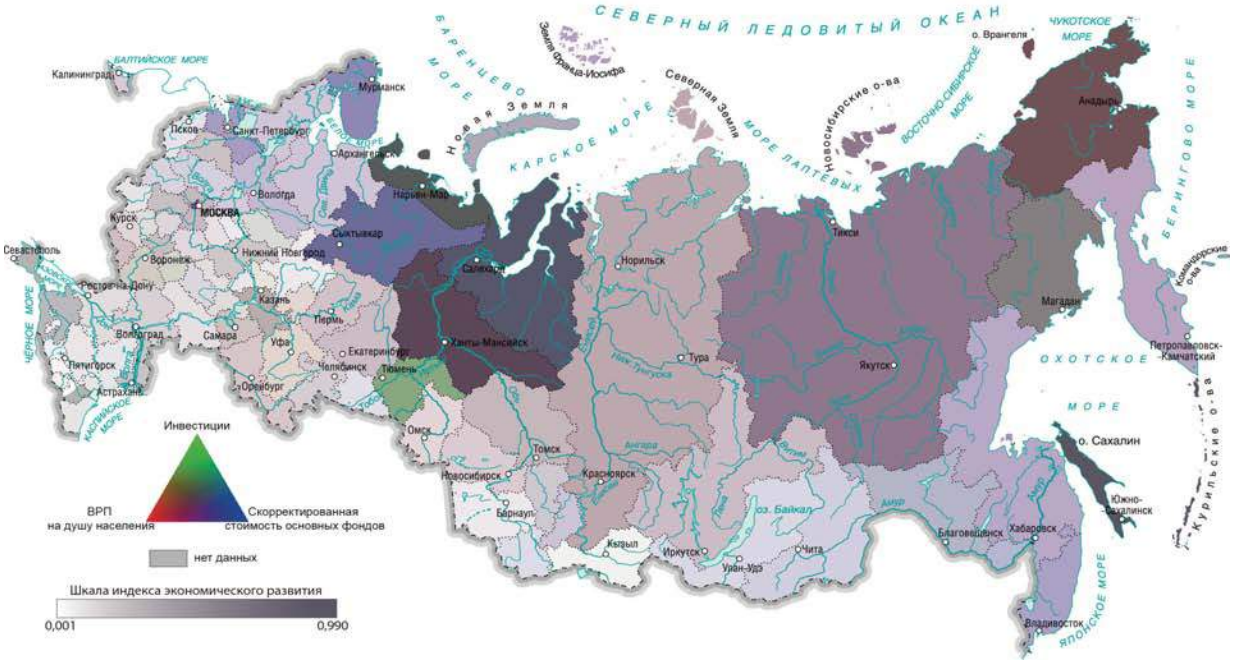


Рис. 3. Карта соотношения компонент и величины индекса экономического развития
Fig. 3. Map component ratio and the value of the index of economic development

Региональные различия усугубил и кризис российской экономики. В 2014 г. начался спад иностранных инвестиций, что можно назвать индикатором кризиса. Инвесторы начали изымать больше своих средств, чем вкладывать. Это хорошо видно на карте RGB (см. рис. 2), где преобладают, за редким исключением, синий (стоимость основных фондов) и красный (ВРП). Это с учетом того, что показатель инвестиций включает в себя не только ПИИ, но и инвестиции в основные фонды. Из тех округов, чье сальдо прямых иностранных инвестиций осталось положительным, можно выделить Москву, Тюменскую область, Сахалин. Там сальдо превысило 3 млрд долл., а изъятия средств, наоборот, сокращались. Наибольший отток инвестиций в Санкт-Петербурге, Красноярском крае и Свердловской области.

Первое место в рейтинге ИЭР с отрывом занимает Ненецкий автономный округ. Этот малонаселенный регион характеризуется колоссальным значением ВРП на душу населения (4 252 407,8 руб., что сопоставимо с Норвегией или Катаром), высочайшей инвестиционной привлекательностью. Экономика региона носит монопрофильный характер, и прирост валового регионального продукта практически полностью обеспечивает добыча нефти. За ним следуют очень схожие по своему углеводородно-ориентированному характеру Ямало-Ненецкий автономный округ, Сахалинская область и Ханты-Мансийский автономный округ. Основное конкурентное преимущество этих регионов заключается в наличии значительных запасов углеводородного сырья. Именно ресурсная обеспеченность выступает катализатором и акселератором темпа прироста ежегодного объема поступающих прямых иностранных инвестиций и роста ВРП этих регионов. Чукотский автономный округ уже отстает от Ханты-Мансийского, что обусловлено его горнодобывающей ориентированностью (добыча золота, серебра, олова, вольфрама, ртути, каменного и бурого угля). Обладая мощным ресурсным потенциалом, все эти субъекты федерации имеют неоспоримое преимущество в уровне экономического развития. Но их ориентированность на добычу нефти и газа определяет сильную зависимость экономического благополучия от конъюнктуры и уровня спроса на внешнем рынке.

За малонаселенными и сырьевыми регионами следует Москва. На ее долю приходится 21 % всего ВРП России, более 19 % стоимости основных фондов и более 13 % всех инвестиционных вложений. Москва – не только ядро крупнейшей агломерации страны, но и столица России, поэтому на ее развитие влияют два фактора: агломерационный и институциональный, т. е. столичный статус [Зубаревич, 2012]. Агломерационный эффект позволяет достигать наилучших экономических результатов за счет территориальной концентрации производства, трудовых ресурсов, снижает издержки бизнеса и потребителей. Столичный статус, в свою очередь, приносит институциональные преимущества для развития, обеспечивая высокую концентрацию штаб-квартир крупнейших компаний, человеческих ресурсов и финансов. Совокупность этих факторов и приводит к столь высоким показателям. Кроме того, значительная часть доходов формируется не в самой столице, а в регионах, в которых на самом деле находятся. В Москве сосредоточены головные офисы практически всех крупнейших российских промышленных холдингов, а также представительства транснациональных компаний. Высокие позиции свидетельствуют об устойчивых фундаментальных предпосылках социально-экономического развития.

Что касается регионов с худшим экономическим развитием, абсолютным аутсайдером рейтинга по всем используемым показателям стала Республика Ингушетия. Вклад экономики Ингушетии в общероссийскую – самый низкий, только 0,09 % от суммарного валового регионального продукта (ВРП) России. Душевой ВРП Ингушетии самый низкий в стране после Чеченской республики – 113 791,2 руб. на душу населения. Самый значимый источник доходов бюджета региона – это дотации. По итогам 2014 г. налоги в республике составили всего лишь 10 % от всех доходов регионального бюджета. Более того, в Ингушетии низок показатель инвестиций на душу населения (34 175,4 руб.). По оценке рейтингового агентства «Эксперт»[1], инвестиционный рейтинг региона – 3D (низкий потенциал – экстремальный риск).

ВЫВОДЫ

Построение интегрального индекса экономического развития для регионов диктуется необходимостью выделения из большого числа показателей, используемых для оценки уровня развития региона, ключевых для их практического использования. Предлагаемая методика показывает свою состоятельность и может быть использована для оценки и ранжирования российских регионов по уровню экономического развития. Индекс экономического развития позволяет, опираясь на официальную статистику, производить анализ экономического развития и сопоставление субъектов РФ. Минимизация количества используемых индикаторов для удобства и легкости применения методики рассматривалась в качестве одной из основных условий. Использование методики позволило провести классификацию регионов по интегральным параметрам. В результате применения данной методики был проведен анализ экономического развития регионов Российской Федерации на 2014 г., выявлены лидеры экономического развития и проблемные субъекты, определены частные индикаторы, имеющие определяющее значение в формировании низкого рейтинга этих регионов.

Значения индекса экономического развития и его динамика могут использоваться для оценки эффективности экономической политики и управления регионом.

---

[1] Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России 2012. URL: http://www.raexpert.ru/rankings/#r_1108

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородкин Ф.М., Айвазян С.А.* Социальные индикаторы М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 607 с.
2. *Жуков В.Т., Маергойз И.М.* Некоторые вопросы картографирования основных фондов как экономического ресурса // Оценочные карты природы, населения и хозяйства. М., МФ ВГО, 1973. 150 с.
3. *Зубаревич Н.В.* Рента столичного статуса // Pro et Contra. 2012. Т. 16, № 6. С. 6–18.
4. *Игошин Н.В.* Инвестиции. М.: Юнити-Дана, 2002.
5. Методологические положения по статистике. Вып. 5. Росстат. М., 2006.
6. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Оценка экономической устойчивости регионов Российской федерации // Материалы Междунар. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт», ИнтерКарто/ИнтерГИС-15. Пермь: Гент, Изд-во Пермского ун-та, 2009. Т. 1. С. 3–11.
7. *Тикунов В.С.* Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). М.: Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 367 с.
8. *Тикунов В.С., Черешня О.Ю.* Индекс экономического развития регионов Российской Федерации // Вестник Моск. ун-та. Серия 5: География. 2015. № 6. С. 41–47.
9. *Тупчиенко В.А.* Основные социально-экономические индикаторы уровня жизни населения // Экономические стратегии. 2012. № 3. С. 2–13.
10. *Цыбенова Б.Б.* Инвестиционный потенциал регионов // Байкальские чтения. Улан-Удэ: БЭПИ, 2010. Вып. 2.
11. *Шумпетер Й.А.* Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982.
12. *Mittelsteadt N.L., Adamowicz W.L. and Boxall P.C.* A Review of Economic Sustainability Indicators // Sustainable Forest Management Network Working Paper. University of Alberta, 2001. P. 37–14.

REFERENCES

1. *Borodkin F.M., Ayvazyan S.A.* Social indicators. M.: UNITY-DANA, 2006. 607 p. (in Russian).
2. *Igoshin N.V.* Investments. M.: Unity-Dana, 2002 (in Russian).
3. Methodological provisions on statistics. Issue 5. Rosstat, Moscow, 2006.
4. *Mittelsteadt N.L., Adamowicz W.L. and Boxall P.C.* A Review of Economic Sustainability Indicators. Sustainable Forest Management Network Working Paper. University of Alberta, 2001. P. 37–14.
5. *Rubanov I.N., Tikunov V.S.* Evaluation of economic stability of the regions of the Russian Federation. Mat. Conf. "Sustainable Development of Territories: Theory of GIS and Practical Experience", InterCarto/InterGIS-15. Perm, Gent, Perm University, T. 1, 2009. P. 3–11 (in Russian).
6. *Shumpeter J.A.,* The Theory of Economic Development, Moscow: Progress, 1982.
7. *Tikunov V.S.* Classifications in geography: Renaissance or wilting? (The experience of formal classifications). Moscow: Smolensk: Publishing House of the SSU, 1997. 367 p. (in Russian).
8. *Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu.* Index of economic development of the regions of the Russian Federation // Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2015. No 6. P. 41–47 (in Russian).
9. *Tsybenova B.B.* Investment potential of regions // Baikal readings. V. 2. Ulan-Ude: BEPI, 2010 (in Russian).

10. *Tupchienko V.A.* Basic socio-economic indicators of living standards of the population // Economic Strategies. 2012. No 3. P. 2–13 (in Russian).
11. *Zhukov V.T., Maergoyz I.M.* Some questions of mapping of fixed assets as an economic resource. Evaluation maps of nature, population and economy. M., MF VGO, 1973. 150 p. (in Russian).
12. *Zubarevich N.V.* Rent of the capital status. Pro et Contra. 2012. V. 16, No 6. P. 6–18 (in Russian).

УДК 504.7.064.3

Ясенева Е.В.[1], Ясенева И.А.[2]

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРЫМА

АННОТАЦИЯ

В основу концепции устойчивого развития Крыма положен экологический аспект устойчивого развития, предполагающий сохранение окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов – охрану атмосферы, земель, недр, лесов, вод и их экономное использование.

В настоящей статье рассмотрены современные представления об экологической составляющей устойчивого развития Крыма. На данный момент, несмотря на проводимые природоохранные мероприятия, в целом экологическое состояние исследуемой территории можно охарактеризовать как напряженное с отдельными локальными очагами предкризисного состояния. Приоритетными экологическими проблемами Крыма являются следующие: значительное антропогенное загрязнение атмосферного воздуха, водных и земельных ресурсов; угрозы для природного наследия Крыма; накопление большого количества токсичных промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов в населенных пунктах и рекреационных зонах.

В результате анализа материалов статистики, докладов и рекомендаций республиканских, национальных и международных природоохранных организаций для Крыма были выбраны 20 экологических индикаторов, отражающих давление, воздействие, состояние природных и технических систем на протяжении времени, характеризующих тенденции развития данных систем. Проанализированы были только некоторые индикаторы, такие, как: загрязнение атмосферного воздуха и водных ресурсов; индикатор доли проб, не отвечающих нормам качества вод, и индикатор состояния природно-заповедного фонда прибрежных территорий Крыма.

Разница в потенциалах приводит к незначительным разрывам в уровне социального развития территорий, что, в свою очередь, усиливает миграционные процессы и ухудшает демографический потенциал менее развитых городов Крыма. Результатом исследования стало ранжирование территории Крыма по выбранным параметрам экологических индикаторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивое развитие, экологическая составляющая, индикаторы, источники загрязнения, Крым.

[1] Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в Севастополе, факультет естественных наук, каф. Географии океана, доцент, к.г.н., *e-mail:* **eyaseneva@yandex.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, каф. рационального природопользования, аспирантка, *e-mail:* **iyaseneva@yandex.ru**

Elena V. Yaseneva[1], Irina A. Yaseneva[2]

FEATURES OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CRIMEA

ABSTRACT

The concept of sustainable development of the Crimea is based on the ecological aspect of sustainable development, which presupposes conservation of the environment and rational use of natural resources – protection of the atmosphere, lands, bowels, forests, waters and their economical use.

In this article, modern ideas about the ecological component of the sustainable development of the Crimea are considered. Now, despite the ongoing environmental protection measures, in general, the ecological status of the study area can be characterized as tense with individual local foci of the pre-crisis state. Priority environmental problems of the Crimea are the following: significant anthropogenic pollution of atmospheric air; water and land resources; threats to the natural heritage of the Crimea; accumulation of a large number of toxic industrial, agricultural and domestic wastes in populated areas and recreational areas.

As a result of the analysis of the statistics, reports and recommendations of the republican, national and international environmental organizations for the Crimea, 20 environmental indicators were selected reflecting the pressure, impact, condition of natural and technical systems over time, characterizing the development trends of these systems. Only a few indicators have been analyzed, such as air and water pollution; an indicator of the proportion of samples that do not meet the water quality standards and an indicator of the state of the nature reserve fund of the coastal territories of the Crimea.

The difference in potentials leads to insignificant discontinuities in the level of social development of the territories, which, in turn, strengthens migration processes and worsens the demographic potential of the less developed cities of the Crimea. The result of the research was the ranking of the territory of the Crimea according to the selected parameters of environmental indicators.

KEYWORDS: sustainable development, environmental component, indicators, sources of pollution, Crimea.

ВВЕДЕНИЕ

Под классическим термином «устойчивое развитие» понимается развитие, которое обеспечивает удовлетворение потребностей настоящего времени, но при этом не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

С точки зрения экологии, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность биологических и физических природных систем. В настоящее время экологические индикаторы устойчивого развития носят обобщенный характер и не отражают ситуацию, складывающуюся на отдельных территориях региона.

На конференции ООН по окружающей среде и развитию, проходившей в Рио-де-Жанейро (1992 г.), было заявлено о необходимости перехода стран к устойчивому развитию, вследствие чего в 1996 г. концепция была принята в РФ. Для оптимизации экологической составляющей предусматривается формирование регионального хозяйственного механизма, регулирующего природопользование и антропогенное воздействие на окружающую среду; выполнение природоохранных мероприятий на селитебных и незастроенных территориях городов, в других

[1] Lomonosov Moscow State University branch in the city of Sevastopol, Faculty of Ocean Geography, Sevastopol, Russia, docent, Ph.D. *e-mail:* **eyaseneva@yandex.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia, graduate student, *e-mail:* **iyaseneva@yandex.ru**

населенных пунктах и пригородных зонах, включая их санитарную очистку, рекультивацию земель, озеленение и благоустройство; развитие сельского хозяйства на основе экологически безопасных агротехнологий, адаптированных к местным условиям, реализацию мер по повышению плодородия почв и их охране от эрозии и загрязнения; реконструкцию региональной промышленной системы с учетом хозяйственной емкости локальных экосистем. Прописанные в документе положения пока очень слабо воплощаются в реальности [Игнатов и др., 2015].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Российская научная школа внесла значительный вклад в разработку современных подходов к решению различных проблем, возникающих при освоении прибрежных зон. Это нашло отражение в трудах ведущих отечественных ученых: Зенковича В.П., Добровольского А.Д., Айбулатова Н.А., Амирханова М.М., Бондаренко В.С., Залогина Б.С., Каплина П.А., Леонтьева О.К., Сафьянова Г.А., Никифорова Л.Г., Беликова М.Ю., Борисенко Е.Н., Шевченко И.В., Макарова К.Н., Крылова Ю.М., Есина Н.В., Плинка Н.Л. и других. Однако проблемы теории, методологии и практики исследования комплексного управления прибрежными зонами все еще остаются недостаточно изученными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Устойчивое развитие взаимодействия с окружающей средой является на сегодняшний день многоплановым понятием. Из-за быстрого экономического развития и индустриализации (загрязнения окружающей среды, разрушения экосистем, истощения природных ресурсов) возникли некоторые экологические проблемы. Для оценки состояния окружающей среды требуется изучение вопросов, связанных с природными ресурсами и загрязнениями.

Экологические показатели являются основным средством для проведения оценки состояния окружающей среды в различных регионах и странах. Выбранные надлежащим образом показатели, основывающиеся на достаточных временных рядах данных, могут не только отражать основные тенденции, но и способствовать описанию причин и последствий сложившейся экологической обстановки, а также позволяют наблюдать за ходом осуществления экологической политики на исследуемой территории и оценивать ее эффективность.

Экологическая составляющая [Згуровский, Гвишиани, 2008] – это обеспечение целостности биологических и физических естественных систем, их жизнеспособности, отчего зависит региональная стабильность биосферы полуострова. Особое значение приобретает способность таких систем самовосстанавливаться и адаптироваться к различным изменениям вместо сохранения в определенном статическом состоянии или деградации и потери биологического разнообразия.

Состояние окружающей природной среды каждого региона зависит от природных особенностей и от поступления загрязняющих веществ, т. е. от экологических параметров промышленных предприятий, от эффективности проводимых природоохранных мероприятий. В таком случае предприятия необходимо рассматривать как объект экологической субсистемы, в котором преобладающим является не процесс создания стоимости, а вызванные им экологические процессы и нанесение ущерба окружающей среде. При этом их важнейшими экологическими целями должны стать экономное расходование ресурсов, ограничение выбросов и сбросов в окружающую среду, уменьшение количества отходов, производство экологически безопасной продукции и, следовательно, уменьшение степени риска от возможных аварий и предотвращение экологической угрозы.

Цель экологических индикаторов – дать информацию о состоянии окружающей среды и об оказывающей на нее влияние деятельности человека в таком виде, чтобы выявить возникающие новые проблемы и дать оценку эффективности принимаемых решений.

Для этого они должны оценивать не только состояние окружающей среды, но и тренды в изменении состояния окружающей среды по сравнению с целевыми показателями, находить причинно-следственные зависимости между состоянием окружающей среды и нагрузками на нее и выявлять взаимосвязи и взаимозависимости между экологическими, экономическими и социальными трендами (Руководство по применению..., 2007)[1].

В настоящее время, несмотря на проводимые природоохранные мероприятия, в целом экологическое состояние Крыма можно охарактеризовать как напряженное с отдельными локальными очагами предкризисного состояния. Приоритетными экологическими проблемами Крыма являются следующие: значительное антропогенное загрязнение атмосферного воздуха; водных и земельных ресурсов; угрозы для природного наследия Крыма; накопление большого количества токсичных промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов в населенных пунктах и рекреационных зонах.

В результате анализа материалов статистики, докладов и рекомендаций республиканских, национальных и международных природоохранных организаций для Крыма были выбраны 20 экологических индикаторов, отражающих давление, воздействие, состояние природных и технических систем на протяжении времени, характеризующего тенденции развития данных систем (Игнатов и др., 2015).

Индикатор 1. Загрязнение атмосферного воздуха

Источниками загрязнения атмосферного воздуха в Крыму являются промышленные предприятия, различные виды транспорта, накопление бытовых и токсичных отходов, а также плачевное состояние канализационных очистных сооружений.

По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым за 2015 г. в атмосферу Республики Крым стационарными источниками загрязнения было выброшено 22,824 тыс. т загрязняющих веществ, что на 2,277 тыс. т больше, чем в 2014 г. (рис. 1, 2).

Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками в Крыму за период 2000–2015 гг. (2014–2015 гг. сведения по стационарным источникам) (по данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым)
Fig. 1. Dynamics of pollutant emissions by stationary and mobile sources in the Crimea for the period 2000–2015 (2014–2015, data on stationary sources) (according to the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Crimea)

[1] Руководство по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии / Комитет по экологической политике Европейской Экономической Комиссии ООН. Нью-Йорк – Женева, 2007. 108 с. Режим доступа: http://www.unece.org/env/europe/monitoring/Belgrade/CRP1.Indicators.Ru.MK.pdf

Рис. 2. Динамика объемов и плотность выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками в Крыму за период 2000–2015 гг. (2014–2015 гг., сведения по стационарным источникам)
(по данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым)
Fig. 2. Dynamics of volumes and density of pollutant emissions by stationary and mobile sources in the Crimea for the period 2000–2015 (2014–2015, data on stationary sources)
(according to the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Crimea)

В сравнении с 2014 г. в 2015 г. объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников уменьшился в городах Джанкой, Керчь, Красноперекопск, Саки, Ялта, увеличился в городах: Симферополь, Феодосия, Судак, Армянск (рис. 3).

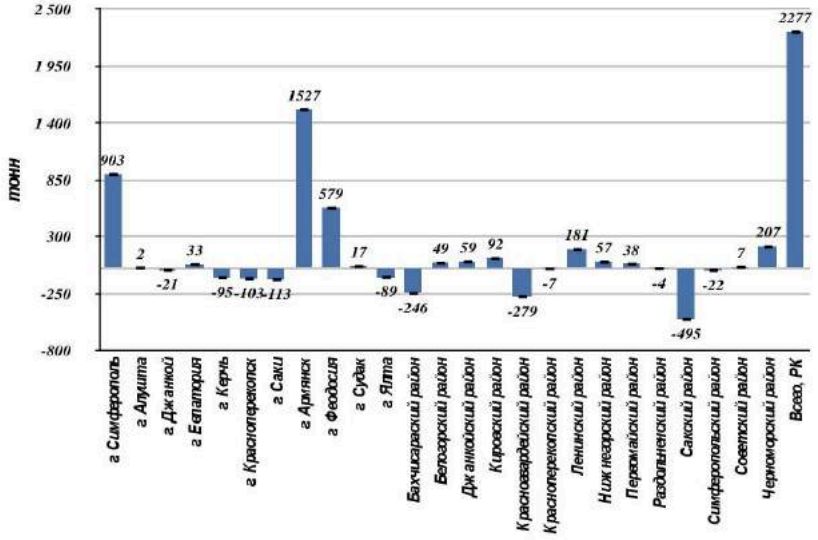


Рис. 3. Увеличение/уменьшение объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников загрязнения в регионе по муниципальным образованиям в 2015 г. по отношению к 2014 г.
(по данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым)
Fig. 3. Increase/decrease in the volume of emissions of pollutants into the air from stationary sources of pollution in the region by municipalities in 2015 in relation to 2014
(according to the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Crimea)

В Крыму кроме транспорта, зарегистрированного в Республике Крым, большой вклад в общий объем выбросов дает транзитный транспорт, особенно в летний период, что значительно увеличивает выбросы в атмосферу.

Сохраняется загрязнение атмосферного воздуха (табл. 1):

– г. Армянск, г. Красноперекопск, г. Бахчисарай – напряженная ситуация, обусловленная размещением промышленных предприятий: ООО «Титановые инвестиции»; ПАО «Крымский содовый завод»; ПАО «Бром»; ЧАО «Бахчисарайский комбинат «Стройиндустрия»;

– г. Симферополь, г. Ялта, г. Керчь – загрязнение воздуха, связанное с развитием транспорта. Основной проблемой для Республики Крым остается высокий фактор выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников.

Основными веществами, которые загрязняют атмосферный воздух от «Крымского титана», являются сернистые соединения (диоксид серы и серная кислота), газообразные фтористые соединения (фтористый водород), взвешенные вещества (пыль серы, ильменита); от «Крымского содового завода» – пыль соды, аммиак. Указанные вещества неблагоприятно влияют на органы дыхания, кровообращения, иммунную систему, вызывая заболевания органов дыхания, кровообращения, онкопатологию.

Таблица 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников загрязнения в регионе по отдельным населенным пунктам (тыс. т) (Государственный доклад..., 2016)[1]

Table 1. Dynamics of emissions of pollutants into the air from stationary sources of pollution in the region for individual settlements (thousand tons) [State report..., 2016][2]

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
Всего Крымский федеральный округ	32,4	32,877	32,723	26,552	20,547
г. Алушта	0,175	0,128	0,97	0,93	0,132
г. Армянск	12,065	12,711	13,666	5,676	2,321
Бахчисарайский район	–	–	–	–	–
Белогорский и Кировский районы	–	–	–	–	–
Джанкойский район	1,138	1,170	1,025	0,849	0,064
г. Евпатория	0,250	0,220	0,20	0,203	0,153
г. Керчь и Ленинский район	1,867	1,788	1,681	1,692	0,782
Красногвардейский район	–	–	–	–	–
Красноперекопский и Первомайский районы	7,854	7,834	7,252	6,941	6,969
Сакский район	0,049	0,050	0,071	0,74	0,285
г. Севастополь	–	–	–	–	–
г. Симферополь	2,119	1,877	1,882	2,512	2,657
Советский и Нижнегорский районы	–	–	–	–	–
г. Феодосия	0,591	0,824	0,778	1,766	0,183
г. Судак	0,040	0,057	0,054	0,058	0,08
г. Ялта	0,446	0,488	0,453	0,634	0,436

(Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым)

[1] Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2015 году». Симферополь, 2016. 199 с. Режим доступа: http://82.rospotrebnadzor.ru/s/82/files/documents/Gosdoklad/145923.pdf

[2] State report "On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Crimean Republic and the city of Federal significance of Sevastopol in 2015". Simferopol, 2016. 199 p.

Для решения проблемы оздоровления воздушной среды населенных пунктов в Крымском федеральном округе проводятся планировочные мероприятия, ведется строительство объездных дорог и транспортных развязок, совершенствуются схемы движения автотранспорта. Такие мероприятия активно проводились в 2014–2015 гг. На предприятиях химической отрасли в Северном Крыму проводились воздухоохранные мероприятия, направленные на совершенствование технологий производства. Систематически проводятся планово-предупредительные ремонты оборудования и наладка аспирационных систем и пылегазоочистных сооружений.

Индикатор 2. Загрязнение водных ресурсов

Вода для Крыма в настоящее время стала одним из основных лимитирующих факторов социально-экономического развития. Состояние русел рек и гидротехнических сооружений на них, соблюдение ограничений хозяйственной деятельности на землях водного фонда определяют техногенно-экологическую безопасность жизнедеятельности населения в Республике Крым. К факторам риска природного характера добавились техногенные, повышающие риск возникновения чрезвычайных ситуаций. Это – загрязнение и засорение русел рек в результате хозяйственной деятельности, чрезмерная зарегулированность рек водохранилищами и прудами, неудовлетворительное функционирование в населенных пунктах систем водоотведения и другие.

Неудовлетворительное техническое состояние и недостаточная мощность систем водоотвода являются причиной загрязнения и ухудшения качества водных ресурсов, а также сдерживает социально-экономическое развитие региона.

Основными загрязнителями водного бассейна прибрежных территорий Крыма являются объекты коммунального хозяйства, на долю которых приходится 95–97 % сброса загрязненных сточных вод [Игнатов и др., 2015].

Водоотведение сточных вод производится в поверхностные водные объекты и водоемы накопители. Основными приемниками загрязненных сточных вод являются р. Салгир, Черное море и оз. Сиваш. Объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты составил в 2015 г. 131,32 млн м^3. Главными загрязнителями, сбрасывающими загрязненные сточные воды, являются объекты коммунального хозяйства

Централизованными системами водоотведения обеспечено 16 городов (100 %), 16 поселков городского типа (64 %), 42 сельских населенных пункта (5,4 %). Частично не обеспечены централизованными системами водоотведения микрорайоны г. Симферополя (Новосергеевка, Белое, Красная горка, Верхняя Украинка, Петровская балка, Новониколаевка), частный жилой сектор г. Старый Крым (Кировский р-н), частный жилой сектор г. Судака (Доклад о состоянии и охране…, 2015)[1].

Услуги водоснабжения и водоотведения на территории Республики Крым оказывают 135 предприятий различной формы собственности, в том числе основные (табл. 2):

– ГУП РК «Вода Крыма» оказывает услуги на территории 11 городов и 100 сельских населенных пунктов.

– ГУП РК «Водоканал ЮБК» – оказывает услуги на территории Большой Ялты и населенных пунктов;

– МУП «Ленводоканал» – оказывает услуги по водоснабжению сельских населенных пунктов Ленинского района;

[1] Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2015 году. Режим доступа: http://meco.rk.gov.ru/rus/file/Doklad_o_sostojanii_i_ohrane_okruzhajushhej_sredy_Respubliki_Krym_v_2015.pdf

– ООО «Крымская водная компания» – оказывает услуги на территории Сакского, Черноморского, Раздольненского, Первомайского районов;

– ООО «Раздольненская СПМК-73» – оказывает услуги на территории 6-ти сельских поселений Раздольненского района.

Таблица 2. Основные загрязнители водного бассейна Крыма (Крым…, 2015)[1]
Table 2. The main pollutants of the Crimea's water basin (Crimea..., 2015)[2]

Предприятия	Сбросы загрязненных возвратных вод			
	2012		2013	
	млн м^3	% к общему сбросу загрязненных возвратных вод в водные объекты	млн м^3	% к общему сбросу загрязненных возвратных вод в водные объекты
КРП «Вода Крыма» (УВКХ г. Симферополя)	43,809	45,34	35,041	37,61
КРП «Вода Крыма» Керченский филиал	4,696	4,86	4,56	4,89
КРП «Вода Крыма» Бахчисарайский филиал	1,256	1,3	0,991	1,06
КРП «Вода Крыма» Судакский филиал	1,896	1,96	1,774	1,9
КП «Ленводоканал»	0,592	0,61	1,072	1,15

(Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым)

Индикатор 3. Доля проб, не отвечающих нормам качества вод, в общем количестве проб, полученных из различных источников.

По результатам ранжирования по источникам питьевого водоснабжения наибольший показатель доли нестандартных проб по санитарно-химическим показателям в Первомайском (95,7 %), Красноперекопском (93,5 %), Ленинском (50 %), Сакском (30,6 %), Раздольненском (30,3 %) и Джанкойском (30,2 %) районах (табл. 6). По микробиологическим показателям средний уровень проб с отступлением от санитарных норм превышен в Симферопольском (18,3 %), Джанкойском (12,6 %), Бахчисарайском (1,8 %) районах, что изначально связано с наличием в указанных районах источников % проб воды с отклонениями по санитарно-химическим показателям % проб воды с отклонениями по микробиологическим показателям водоснабжения, относящихся ко 2-му и 3-му классу, для которых требуется очистка воды перед подачей в сеть населению (Государственный доклад…, 2016).

В настоящее время в Крыму рассматривается вариант решения проблемы водоснабжения полуострова путем увеличений добычи подземных вод и строительства трубопровода для этих целей. Но ученые считают эту добычу подземных вод нецелесообразной, так как есть экологические риски ухудшения качества подземных вод (истощение запасов, загрязнение, засоление) при больших водозаборах из подземных источников.

[1] Крым: территория зеленой экономики / Информационно-аналитический доклад, апрель 2015. Режим доступа: http://crimeagreeneconomy.ru/images/data/gallery/4_7443_Doklad_Krim_territoriya_zelenoy_ekonomiki.pdf

[2] Crimea: the territory of green economy / Informational and analytical report, April 2015.

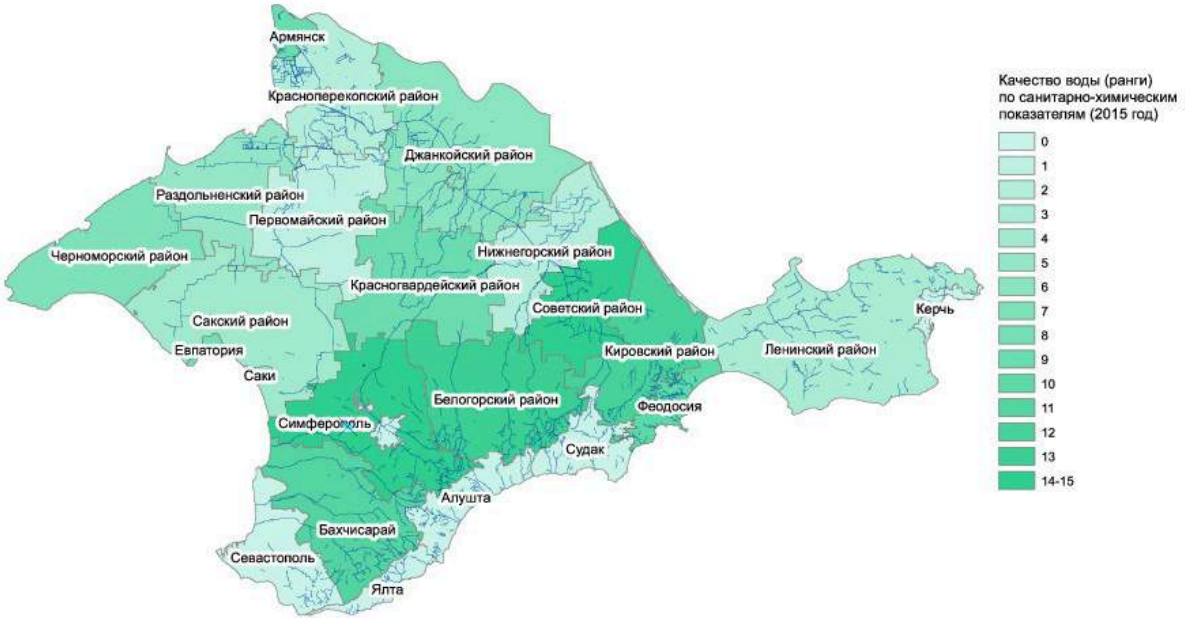


Рис. 4. Ранжирование территорий Крымского федерального округа по качеству воды источников питьевого централизованного водоснабжения
(Государственный доклад..., 2016) (Сост. И. Ясенева)
Fig. 4. Ranking of territories of the Crimean Federal District on the quality of water sources of drinking centralized water supply (State report..., 2016) (Compiled by I. Yaseneva)

Индикатор 4. Состояние природно-заповедного фонда прибрежных территорий Крыма (количество и площадь объектов ПЗФ, процент заповедности).

Заповедные земли разного статуса в Крыму и Севастополе занимают 246 тыс. га, что составляет 9,2 % территории (в среднем по России – 2,7 %). Главными в этой цепочке являются:

– Национальный парк «Чаривна гавань», который переименовали в «Тарханкутский»;

– шесть заповедников (Казантипский на Азовском море и побережье Керченского полуострова, Опукский – на черноморском побережье Керченского полуострова, мыс Мартьян на ЮБК, Карадагский заповедник между Судаком и Феодосией и два самых крупных заповедника – Крымский горный и Ялтинский);

– крупные заказники, на территории которых сохраняются уникальные экосистемы, редкие виды растений и животных.

Крымские заповедники и Национальный парк формируют региональный экологический каркас, обеспечивая сохранение биоразнообразия, климатообразующую роль, накопление запасов высококачественной пресной воды, предотвращение природных катастроф. В их составе – водно-болотные угодья, находящиеся под международной охраной (Рамсарские угодья). В степных ООПТ Крыма сохраняются наиболее репрезентативные участки естественных степей, почти полностью утраченных в настоящее время на территории Европы. Национальный парк «Чаривна гавань» на Тарханкутском полуострове и Караларская степь на Керченском по площади, занимаемой природной растительностью, одни из самых больших в Европе [Крым..., 2015].

Анализ современного состояния и тенденций развития рекреационной функции на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Крыма позволяет обозначить ряд проблем и противоречий, требующих первоочередного решения [Воронин И., Воронина А., 2016].

Главной проблемой внешнего характера выступает несовершенство нормативно-правового обеспечения функционирования крымских ООПТ, в том числе отсутствие закрепленных на местности в установленном законом порядке границ заповедных объектов; региональное подчинение заповедных объектов Республики Крым, следствием чего являются недостаточный уровень финансирования, опасность понижения природоохранного статуса территорий, урезание площади объектов и их нецелевое использование.

Среди внутренних проблем развития рекреационной деятельности на ООПТ необходимо прежде всего отметить экологические проблемы. Они имеют двойственный характер: с одной стороны, это ухудшение рекреационной среды ООПТ под влиянием природных или антропогенных процессов; с другой, ухудшение состояния охраняемых природных комплексов в результате самой рекреационной деятельности.

К числу негативных результатов несбалансированного развития рекреационной деятельности на ООПТ относятся: рост стихийной рекреационной застройки ООПТ, особенно морских побережий полуострова; деградация природных комплексов ООПТ под влиянием чрезмерной рекреационной нагрузки и нерационального рекреационного ресурсопользования; организация охоты на ООПТ; низкий уровень инфраструктурного обеспечения рекреационной деятельности на ООПТ [Воронин И., Воронина А., 2016].

Типизация природоохранно-рекреационных районов Крыма (включая Республику Крым и г. Севастополь) осуществлялась на основе сопряженной пространственной дифференциации природоохранных и рекреационных характеристик территории (рис. 5, табл. 3) [Воронина, 2016]:

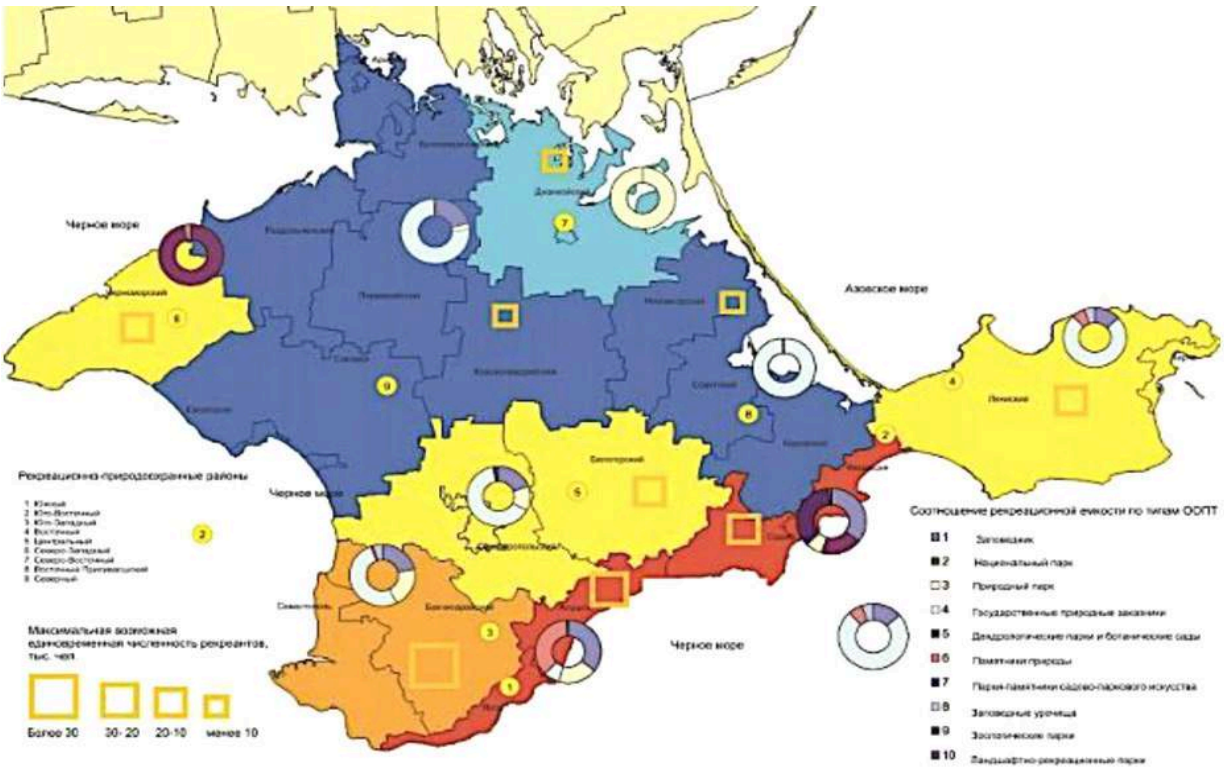


Рис. 5. Природоохранно-рекреационные районы Крыма [Воронина, 2016]
Fig. 5. Environmental and recreational areas of the Crimea [Voronina, 2016]

Таблица 3. Основные характеристики природоохранно-рекреационных районов ТРС ООПТ Крыма [Воронина, 2016]
Table 3. The main characteristics of the nature protection and recreation areas of the TRS of Crimea's Protected Areas [Voronina, 2016]

№	Название района	Состав административных единиц Крыма	Число ООПТ	Площадь ООПТ, га	Рекреационная емкость ООПТ, чел./год
1	Южный	Ялтинский городской округ, Алуштинский городской округ	61	38 911,00	972 775
2	Юго-Восточный	Судакский городской округ, Феодосийский городской округ	23	8103,00	202 575
3	Восточный	Ленинский район	21	15 073,00	376 825
4	Юго-Западный	Севастопольский городской округ Бахчисарайский район	30	54 551,00	1 363 775
5	Центральный	Симферопольский район, Белогорский район	25	17 218,00	430 450
6	Северо-Восточный	Джанкойский район	1	12 000,00	300 000
7	Восточный Присивашский	Советский район, Нижнегорский район, Кировский район	3	1011,00	25 275
8	Северо-Западный	Черноморский район	5	11 380,00	284 500
9	Северный	Раздольненский район, Красногвардейский район, Сакский район, Первомайский район, Красноперекопский район	7	45 399,00	70 000

– современного состояния ландшафтов;
– фоновых показателей развития туристско-рекреационного комплекса региона;
– современного состояния сети ООПТ;
– соотношения типов охраняемых природных ресурсов и площадей ООПТ;
– основных природных ресурсов, перспективных для рекреации;
– уровня инфраструктурного обеспечения;
– состояния системы управления;
– рекреационной емкости территории;
– степени разработки нормативно-правовой документации;
– наличия геоэкологических конфликтов;
– величины рекреационных потоков;
– роли в развитии ТРК региона;
– перспектив развития ТРС ООПТ.

Районы с высоким уровнем развития рекреационной деятельности на ООПТ:
– Южный природоохранно-рекреационный район;
– Юго-Восточный природоохранно-рекреационный район;

Районы со средним уровнем развития рекреационной деятельности на ООПТ:
– Юго-Западный природоохранно-рекреационный район;
Районы с низким уровнем развития рекреационной деятельности на ООПТ:
– Центральный природоохранно-рекреационный район;
– Восточный природоохранно-рекреационный район;
– Северо-Западный природоохранно-рекреационный район;
Районы, потенциальные для рекреационного освоения ООПТ:
– Северо-Восточный природоохранно-рекреационный район
Районы с ограниченным потенциалом для рекреационного освоения ООПТ:
– Восточный Присивашский природоохранно-рекреационный район;
– Северный природоохранно-рекреационный район [Воронина, 2016].

В основу построения схемы распределения районов и городов Крыма по экологической составляющей устойчивого развития положены расчеты отдельных параметров: загрязнения воздуха и воды в результате антропогенной нагрузки, заповедности территории. Для составления оценочной карты и районирования городов был проведен анализ перечисленных выше данных. В итоге выделены территории с максимальной нагрузкой по выбранным параметрам [Игнатов и др., 2015].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие территорий с разным уровнем развития является причиной их дальнейшего ранжирования вследствие активного перераспределения ресурсов в пользу более крупных приморских городов Крыма, при этом углубляется отсталость остальных территорий и усиливается многофункциональность малых населенных пунктов. Разница в потенциалах приводит к незначительным разрывам в уровне социального развития территорий, что, в свою очередь, усиливает миграционные процессы и ухудшает демографический потенциал менее развитых городов Крыма (рис. 6).

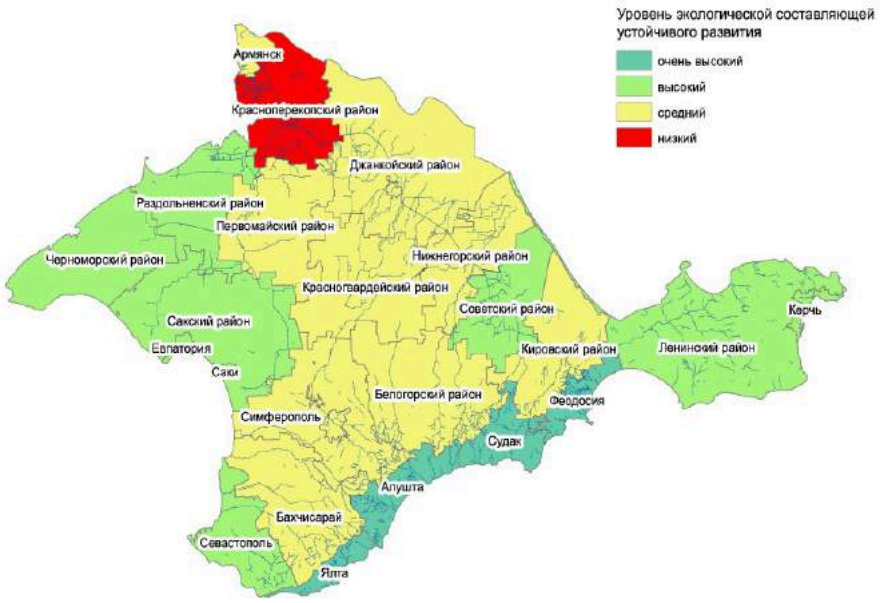


Рис. 6. Распределение территории Крыма по экологической составляющей устойчивого развития (Сост. И. Ясенева)
Fig. 6. Distribution of Crimea territory according to the ecological component of sustainable development (Compiled by I. Yaseneva)

Участки с наиболее низким уровнем занимают небольшие площади, территориально они расположены в Красноперекопском районе. Это обусловлено влиянием объектов, которые находятся в данной зоне (важные автомагистрали, ОАО «Бром», ОАО «Крымский содовый завод», ЗАО «Крымский Титан» и др.). Район оказывает наиболее неблагоприятное экологическое воздействие на окружающую природную среду, так как в данных населенных пунктах наблюдается наибольшее количество сброса грязных вод в расчете на одного жителя. Этот показатель значительно выше среднего значения по Крыму.

Средний уровень экологической составляющей наблюдается в центральной части Крымского полуострова. Следует отметить неблагоприятную ситуацию с состоянием систем водоотведения в курортных поселках – Малореченское, Коктебель, Щебетовка, Морское, Песчаное Бахчисарайского района. Дальнейшее развитие инфраструктуры поселков невозможно без строительства очистных сооружений нового поколения.

Участки, для которых характерен высокий уровень экологической составляющей, расположены на территории прибрежных территорий Крыма компактно.

Основную часть территории ЮБК (Алушта, Судак, Феодосия, Ялта) можно охарактеризовать на высоком уровне в экологическом отношении, здесь наблюдается крайне малое загрязнение природной среды, а компоненты ландшафта не нарушены. Немаловажным фактором служит присутствие здесь большого количества зеленых насаждений – парков и скверов [Ясенева, 2010]. Однако влияние торгового порта Феодосии на состояние окружающей природной среды города, загрязнение нефтяной пленкой прибрежных территорий, развитая инфраструктура автомобильных и железнодорожных путей, количество выбросов от передвижных источников создают предпосылки для ухудшения экологической ситуации.

БЛАГОДАРНОСТИ

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект № 18-05-00236 Математико-картографическая оценка медико-экологической ситуации в городах Европейской территории России для их комплексной экологической характеристики.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the financial support of the Russian Foundation for Basic Research, Project No 18-05-00236 Mathematic and cartographic assessment of the medical and ecological situation in the cities of the European territory of Russia for their integrated ecological characteristics.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин И.Н., Воронина А.Б.* Проблемы развития рекреационной деятельности на особо охраняемых природных территориях Крыма // Заповедники Крыма-2016: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление: Тезисы VIII Междунар. научно-практич. конф. (Симферополь, 28–30 апреля 2016 г.). Симферополь, 2016. С. 33–35.

2. *Воронина А.Б.* Территориальная структура рекреационной деятельности на особо охраняемых природных территориях Крыма и пути ее оптимизации: Автореф. дис. канд. геогр. наук: 25.00.24. Симферополь, 2016. 20 с.

3. *Згуровский М.З., Гвишиани А.Д.* Глобальное моделирование процессов устойчивого развития. Киев: Політехніка, 2008. 348 с.

4. *Игнатов Е.И., Ясенева Е.В., Ясенева И.А.* Ранжирование прибрежных городов Крыма на основе экологических индикаторов // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2015. № 5. С. 58–61.
5. *Кислый В.Н., Лапин Е.В., Трофименко Н.А.* Экологизация управления предприятием. Сумы: ВТД «Университетская книга», 2002. 238 с.
6. *Чугунова Т.Н., Фененко А.С.* Эколого-экономические показатели оценки устойчивого развития курортных регионов // Культура народов Причерноморья. 2004. № 55. Т. 3. С. 64–67.
7. *Ясенева Е.В.* Геоэкологическая обстановка урбанизированных территорий Крыма (на примере г. Севастополя) / Е.В. Ясенева: Автореф. дис. М., 2010. 26 с.

REFERENCES

1. *Chugunova T.N., Fenenko A.S.* Ecological and economic indicators of sustainable development of resort regions // Culture of the peoples of the Black Sea region. 2004. No 55. V. 3. P. 64–67 (in Russian).
2. *Ignatov E.I., Yaseneva E.V., Yaseneva I.A.* Ranking of coastal cities of Crimea on the basis of ecological indicators. Use and protection of natural resources in Russia. 2015. No 5. P. 58–61 (in Russian).
3. *Kislyi V.N., Lapin E.V., Trofimenko N.A.* Ecologization of enterprise management. Sumy: VTD "University book", 2002. 238 p. (in Russian).
4. *Voronin I.N., Voronina A.B.* Problems of development of recreational activities in the specially protected natural areas of the Crimea. Reserves of Crimea-2016: biological and landscape diversity, protection and management. Theses of the VIII International Scientific and Practical Conference (Simferopol, April 28–30, 2016). Simferopol, 2016. P. 33–35 (in Russian).
5. *Voronina A.B.* Territorial structure of recreational activities in the specially protected natural areas of the Crimea and ways to optimize it: the abstract of the dis. Candidate of Geographical Sciences: 25.00.24. Simferopol, 2016. 20 p. (in Russian).
6. *Yaseneva E.V.* Geoecological situation of the urbanized territories of the Crimea (on the example of Sevastopol) / E.V. Yaseneva. Author′s abstract. Diss., Moscow, 2010. 26 p. (in Russian).
7. *Zgurovsky M.Z., Gvishiani A.D.* Global modeling of sustainable development processes. Kiev: Політехніка, 2008. 348 p. (in Russian).

УДК: 912.44:004.65:504.064.2.001.18 (210.5-262.54)

Архипова О.Е.[1], Лычагина Ю.М.[2]

АТЛАСНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

АННОТАЦИЯ

На современном этапе развития общества, на фоне усложнения технических решений и технологий, строительства новых промышленных и гидротехнических объектов в густонаселенном южноевропейском регионе России наблюдаются повторяющиеся угрожающие природные процессы и явления региональных и локальных масштабов. Для принятия решений на разных административных уровнях в целях выявления закономерностей формирования территориальных экологических проблем в системе «общество – природа» необходима разработка научных подходов и инновационных методов исследования внутривековых колебаний климата, экстремальных опасных явлений как природного, так и антропогенного характера.

За последние десятилетия в географических исследованиях сложилась практика использования электронных карт, сформировалось направление «Создание и использование географических информационных систем (ГИС)». Без привлечения информационных технологий не могут быть в настоящее время в достаточной мере использованы и осмыслены уже имеющиеся фундаментальные объемные картографические издания.

Целью настоящего исследования являются разработка и создание Атласной информационной системы (АИС) оценки устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря. Его тематика затрагивает долговременные климатические изменения, катастрофические природные явления, социально-экономические угрозы и риски в азовоморском регионе. Процесс реализации Атласа предусматривает использование новейших современных технологий и достижений в области ГИС. Основой разработки для решения актуальных научных задач явилась комплексная ГИС «Азовское море». Представленный в работе подход позволит перевести разработанную для специалистов полнофункциональную многоцелевую ГИС в облегченную версию АИС с разделами конкретной направленности и доступную широкому кругу пользователей без специальных навыков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: атлас, информационная система, устойчивое развитие, Азовское море.

[1] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* **arkhipova@ssc-ras.ru**

[2] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* **yuliya.lychagina@gmail.com**

Olga E. Arkhipova[1], Yulia M. Lychagina [2]

ATLAS INFORMATION SYSTEM OF ESTIMATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE COASTAL ZONE OF THE AZOV SEA

ABSTRACT

At the present stage of development of society in the densely populated southern European region of Russia, there are repeated threatening natural processes and phenomena of regional and local scales against the backdrop of increasing complexity of technical solutions and technologies, construction of new industrial and hydraulic engineering objects.

It is necessary to develop scientific approaches and innovative methods for studying the century climate fluctuations, extreme dangerous phenomena of both natural and anthropogenic nature for decision-making at different administrative levels in order to reveal the patterns of formation of territorial environmental problems in the system "society – nature".

In recent decades, the practice of using electronic maps has developed in geographic studies, and the direction "Creation and use of geographic information systems (GIS)" has been formed. Without the involvement of information technologies, existing fundamental voluminous cartographic publications cannot be sufficiently used and comprehended at present.

The purpose of this study is the development and creation of the Atlas Information System (AIS) for assessing the sustainable development of the coastal zone of the Azov Sea. Its theme touches on long-term climate changes, catastrophic natural phenomena, socio-economic threats and risks in the Azov Sea region. The Atlas implementation process involves the use of the latest modern technologies and achievements in the field of GIS. The basis of development for solving urgent scientific problems was the complex GIS "Azov Sea". The approach presented in the paper will make it possible to translate the fully functional multi-purpose GIS developed for specialists into a lightweight version of the AIS with sections of a specific orientation and accessible to a wide range of users without special skills.

KEYWORDS: atlas, information system, sustainable development, the Sea of Azov, coastal zone.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития общества, на фоне усложнения технических решений и технологий, строительства новых промышленных и гидротехнических объектов в густонаселенном южноевропейском регионе России наблюдаются повторяющиеся угрожающие природные процессы и явления региональных и локальных масштабов. Для принятия решений на разных административных уровнях в целях обеспечения безопасности населения и уменьшения экономического ущерба социальной инфраструктуре, выявления закономерностей формирования территориальных экологических проблем в системе «общество – природа» необходима разработка научных подходов и инновационных методов исследования внутривековых колебаний климата, экстремальных опасных явлений как природного, так и антропогенного характера.

[1] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* **arkhipova@ssc-ras.ru**

[2] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* **yuliya.lychagina@gmail.com**

За последние десятилетия в географических исследованиях сложилась практика использования электронных карт, сформировалось направление «Создание и использование географических информационных систем (ГИС)», которое в силу необходимости решения практических задач, связанных с анализом изменений погоды и климата, оценкой экологических и социально-экономических рисков, ориентировано на использование актуальных векторных, а также растровых версий изданных топографических карт и планов. Без привлечения информационных технологий не могут быть в настоящее время в достаточной мере использованы и осмыслены уже имеющиеся фундаментальные объемные картографические издания.

Несмотря на нынешнее состояние развития технологий веб-публикации и методов графического визуального представления геоданных в ГИС, проектирование и создание электронных карт и атласов по-прежнему инновационная задача [Šmída, 2008]. В последние годы особенно популярной стала тематика «облачной» инфраструктуры. В настоящее время понятие «облачных» решений расширилось и стало включать в себя не только инфраструктуру, но и программное обеспечение. В «облако» можно загружать свои данные, а также давать ссылки на готовые веб-карты, сервисы, приложения и инструменты, которые опубликованы на других веб-ресурсах, сопоставляя и комбинируя их для получения новых приложений, тематических карт или веб-сервисов. В течение последнего десятилетия при разработке цифровых национальных атласов были сделаны различные достижения, касающиеся методов визуализации и функциональности веб-публикаций. Появляется все больше технических публикаций, посвященных проблемам веб-картографии, где рассматриваются процедуры создания электронных атласов с акцентами на особенностях электронных карт [Филатов и др., 2014; Sieber et al., 2016].[1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ современных веб-атласов показал, что технология их создания все больше переходит от привычных атласов, построенных как электронная копия печатных изданий, к системам, опирающимся на использование современных информационных технологий.

Примером такого атласа служит Европейский атлас морей (о морях и прибрежных районах) (European Atlas of the Seas: learn more about seas and coasts), который использует инфраструктуру ArcGIS Server и ArcGIS Viewer for Flex[2]. Атлас постоянно совершенствуется и обновляется на основе пользовательского ввода.

Технология, лежащая в основе сети «Взгляд на Землю» (Eye on Earth)[3], разработана с целью обеспечения доступа к экологической информации следующего поколения и, как ожидается, создаст многочисленные новейшие возможности для публикации экологических данных и информации, включая некоторые интересные примеры совместного представления наблюдений граждан в отношении окружающей среды наравне с официальными данными и статистической информацией мониторинга и в сравнении с ними.

Сообщество «Международная сеть атласов прибрежных районов» (ICAN) с 2006 г. реализует подходы совместимости данных для веб-атласов прибрежных систем (coastal web atlases (CWAs)). В 2013 г. ICAN стал проектом Программы (IODE) UNESCO. Стратегическая цель проекта IODE ICAN – обмен опытом и поиск общих решений для развития

[1] Environmental Atlas of Abu Dhabi Emirate. Электронный ресурс: https://www.environmentalatlas.ae/ (дата обращения: 24.02.2018).

[2] European Atlas of the Seas: learn more about seas and coasts url: http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/atlas/index_en.htm (дата обращения: 10.03.2018).

[3] European Environment Agency. Электронный ресурс: http://www.eea.europa.eu/data-andmaps/data/waterbase-water-quantity-9 (дата обращения: 10.03.2018).

CWAs, при этом обеспечивается максимальная актуальность для конечных пользователей. Основная цель ICAN – построение функционирующего цифрового атласа побережий по всему миру, основанного на принципе общей распределенной информации. Локальные прибрежные веб-атласы как главные источники пространственной информации о прибрежных зонах по всему миру будут интегрированы в общую сеть. Это станет основой для обсуждений рациональной и обоснованной политики устойчивого управления, что особенно актуально для глобальных инфраструктур пространственных данных, морского пространственного планирования и других глобальных мировых проектов[1].

В ЮНЦ РАН проводятся работы, связанные с формированием электронных баз океанографических данных, разрабатываются и совершенствуются подходы к контролю качества данных, программный инструментарий для работы с БД с применением современных геоинформационных технологий. В результате этих работ при участии коллег из Лаборатории морского климата Национального центра океанографических данных НОАА США выпущены Климатические атласы Азовского моря 2006 [Climatic Atlas…, 2006], Экологический атлас Азовского моря [Экологический атлас…, 2011], Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013) [Атлас климатических…, 2014] и др.

Эти атласы изданы в традиционном бумажном виде и в виде электронной версии на DVD. Для Черного, Азовского и Каспийского морей ведутся разработка и наполнение информацией соответствующих ГИС. В последние время работы направлены на создание общедоступных веб-приложений на основе геопортальной или облачной технологии. Серия атласов социально-политических проблем, угроз и рисков Юга России, изданных в ЮНЦ РАН, посвящена комплексному анализу перспектив и препятствий устойчивого развития южнороссийского макрорегиона. В фокусе внимания исследования – угрозы и риски различного характера, от геополитических до экологических. Особое внимание уделено рассмотрению новейших тенденций общественно-политической и социально-экономической жизни Азово-Черноморского региона [Матишов, Пащенко, 2013].

Целью настоящего исследования являются разработка и создание Атласной информационной системы оценки устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря. На данном этапе создана первая версия «Электронного атласа Азовского моря» [Архипова, Лычагина, 2017] как часть будущей атласной системы. В основу сайта легла печатная версия Атласа [Экологический атлас…, 2011]. Его тематика затрагивает долговременные климатические изменения, катастрофические природные явления, социально-экономические угрозы и риски в азовоморском регионе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Процесс реализации электронного Атласа разбит на две части. С одной стороны – разработка концептуального дизайна Атласа, с другой – технологический процесс создания веб-публикации.

Визуализация концепции дизайна сайта состоит из нескольких взаимосвязанных по определенному алгоритму этапов. Этот процесс был апробирован авторами ранее при создании веб-сайта – электронной версии «Атласа климатических изменений в Больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013)», а также адаптирован под текущие задачи и подробно описан в [Архипова, Лычагина, 2017].

---

[1] International Oceanographic Data and Information Exchange Programme (IODE) Web resource: https://www.iode.org/ (accessed: 20.03.2018).

Процесс реализации Атласа предусматривает использование новейших современных технологий и достижений в области ГИС. Так как ГИС-технологии предоставляют мощные средства визуализации, анализа и последующей публикации в Интернет информации, имеющей пространственную привязку, основой разработки для решения актуальных научных задач явилась комплексная ГИС «Азовское море». При этом выбор программных продуктов обусловлен наличием у исследователей лицензионного программного обеспечения ArcGIS корпорации ESRI[1] и большим опытом работы с ним.

Информационная система состоит из ряда локальных ГИС-проектов, наполненных картографической информацией по геоморфологии и донным отложениям, метеорологии и климате, гидрологии, гидрохимии, биологии и антропогенному воздействию на морские прибрежные экосистемы. Для создания локальных проектов в соответствии с основными тематическими разделами Атласа используются ArcGIS Desktop и СУБД PostgreSql.

Для того чтобы геоинформационная система с поддержкой принятия решений стала общедоступной и ориентированной на пользователя, связанного с конкретной территорией, было решено с использованием «облачной» технологии на базе созданных локальных ГИС преобразовать ее в атласную информационную систему (АИС). Для публикации в Интернет будут использованы программные продукты ArcGIS Server, ArcGISOnline (публичное или внешнее «облако»), Portal for ArcGIS (частное или внутреннее «облако»). После выполнения процесса публикации на сервере разделы Атласа будут доступны к просмотру на портале организации в частном «облаке» для внутренних пользователей и для просмотра внешних пользователей на публичном «облаке» при помощи специализированного веб-приложения.

Этот подход позволит перевести разработанную для специалистов полнофункциональную многоцелевую ГИС в облегченную версию АИС с разделами конкретной направленности и доступную широкому кругу пользователей без специальных навыков.

В атласной информационной системе будут реализованы различные способы визуализации данных (интерактивные карты, графики и др.). Реализованы поиск и анализ данных на основе формирования различных запросов, расчета статистической информации и выполнения операций пересечения объектов карт. Предполагается создание инструментов построения тематических карт оперативной направленности.

ВЫВОДЫ

Использование изложенного в статье подхода позволит оптимизировать работу с большими массивами данных при анализе климатической изменчивости и модельных исследованиях, визуализации и картографировании природных объектов и явлений по предметным областям азовоморского бассейна.

Атласная информационная система оценки устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря будет ориентирована на широкий круг пользователей – специалистов в области картографии и геоинформатики, метеорологии, гидрологии, экологии и природопользования, управления рисками ЧС природного характера, а также пользователей, не обладающих специальными навыками работы с ГИС.

---

[1] ESRI, products. Электронный ресурс: https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/index (дата обращения: 12.03.2018).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипова О.Е., Лычагина Ю.М.* Разработка концепции web-публикации «Экологического атласа Азовского моря» // Экология. Экономика. Информатика. Сборник статей: в 2-х т. Т. 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Вып. 2. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. 472 с. ISSN 2500-395X. С. 135–142.

2. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013). Регион 1. Моря Восточной Арктики. Регион 2. Чёрное, Азовское и Каспийское моря / Г.Г. Матишов, С.В. Бердников, А.П. Жичкин [и др.]. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. 256 с. ISBN 978-5-4358-0080-7.

3. *Матишов Г.Г., Пащенко И.В.* Атлас социально-политических проблем, угроз и рисков Юга России. Т. VI: Южнороссийский макрорегион и Олимпиада в Сочи. Специальный выпуск / [отв. ред. акад. Г.Г. Матишов]. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. 200 с. ISBN 978-5-4358-0066-1.

4. *Филатов Н.Н., Толстиков А.В., Богданова М.С., Литвиненко А.В., Меншуткин В.В.* Создание информационной системы и электронного атласа по состоянию и использованию ресурсов Белого моря и его водосбора // Арктика: экология и экономика. № 3 (15), 2014. С. 18–29.

5. Экологический атлас Азовского моря. Институт аридных зон Южного НЦ РАН, Южный научный центр РАН / *Архипова О.Е., Булышева Н.И., Гаргопа Ю.М., Голубева Н.И., Инжебейкин Ю.И., Ковалева Г.В., Кондаков А.А., Красноруцкая К.В., Лебедева Н.В., Лужняк В.А., Набоженко М.В., Панасюк Н.В., Савицкий Р.М., Саяпин В.В., Сорокина В.В., Степаньян О.В., Титов В.В., Толочко И.В., Шохин И.В.* / Гл. ред. академик Г.Г. Матишов, отв. ред. к.г.н. Н.И. Голубева, к.г.н. В.В. Сорокина. Ростов-на-Дону, 2011.

6. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2006: NOAA Atlas NESDIS 59 / G. Matishov, D. Matishov, Yu. Gargopa et al. World Data Center for Oceanography-Silver Spring, Inter-national Ocean Atlas and Information Series, V. 10, U.S. Government Printing Office, Wash., D.C., 2006. 105 p. CD-ROM.

7. *Sieber R., Serebryakova M., Schnürer R., Hurni L.* Atlas of Switzerland Goes Online and 3D–Concept, Architecture and Visualization Methods. In: Gartner G., Jobst M., Huang H. (eds). Progress in Cartography. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography 2016. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-19602-2_11.

8. *Šmída J.* Aspects of electronic atlas creation // 15th year of International Symposium GIS Ostrava 2008 proceedings, January 27–30th, 2008, Ostrava, Czech Republic.

REFERENCES

1. *Arkhipova O.E., Lychagina Yu.M.* Development of the concept of web-publication "Ecological Atlas of the Sea of Azov". Ecology. Economy. Computer science. Collection of articles: in 2 volumes. V. 1: System analysis and modeling of economic and ecological systems. Issue 2. Rostov-on-Don: Publishing house of the SSC RAS, 2017. 472 p. ISSN 2500-395X. P. 135–142 (in Russian).

2. Atlas of climatic changes in the large marine ecosystems of the Northern Hemisphere (1878–2013). Region 1. The seas of the Eastern Arctic. Region 2. Black, Azov and Caspian seas. G.G. Matishov, S.V. Berdnikov, A.P. Zychkin [and others]. Rostov-on-Don: Publishing house of the SSC RAS, 2014. 256 p. ISBN 978-5-4358-0080-7 (in Russian).

3. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2006: NOAA Atlas NESDIS 59, G. Matishov, D. Matishov, Yu. Gargopa et al. World Data Center for Oceanography-Silver Spring, Inter-national Ocean Atlas and Information Series, V. 10, U.S. Government Printing Office, Wash., D.C., 2006. 105 p. CD-ROM.

4. Ecological atlas of the Azov Sea. Institute of Arid Zones of the Southern Scientific Center of RAS, Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; *Arkhipova O.E., Bulysheva N.I., Gargopa Yu.M., Golubeva N.I., Inzhebeykin Yu.I., Kovaleva G.V., Kondakov A.A., Krasnorutskaya K.V., Lebedeva N.V., Luzhnyak V.A., Nabozhenko M.V., Panasyuk N.V., Savitsky R.M., Sayapin V.V., Sorokina V.V., Stepanian O.V., Titov V.V, Tolochko V.V., Shokhin I.* Editor-in-chief academician G.G. Matishov, responsible editors Ph.D. N.I. Golubeva, Ph.D. V.V. Sorokina. Rostov-on-Don, 2011 (in Russian).
5. *Filatov N.N., Tolstikov A.V., Bogdanova M.S., Litvinenko A.V., Menshutkin V.V.* Creation of an information system and electronic atlas on the state and use of the resources of the White Sea and its watershed. Arktika: ecology and economics. No 3 (15), 2014. P. 18–29 (in Russian).
6. *Matishov G.G., Pashchenko I.V.* Atlas of socio-political problems, threats and risks of the South of Russia. T. VI: South Russian macroregion and the Olympics in Sochi. Special issue [responsible. Ed. acad. G.G. Matishov]. Rostov-on-Don: Publishing house of the SSC RAS, 2013. 200 p. ISBN 978-5-4358-0066-1 (in Russian).
7. *Sieber R., Serebryakova M., Schnürer R., Hurni L.* Atlas of Switzerland Goes Online and 3D–Concept, Architecture and Visualization Methods. In: Gartner G., Jobst M., Huang H. (eds). Progress in Cartography. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography 2016. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-19602-2_11.
8. *Šmída J.* Aspects of electronic atlas creation, 15th year of International Symposium GIS Ostrava 2008 proceedings, January 27–30th, 2008, Ostrava, Czech Republic.

УДК 504.062

Белоусов С.К.[1], Евсеев А.В.[2], Красовская Т.М.[3]

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РАЙОНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

АННОТАЦИЯ

Составлена прогнозная карта формирования потенциальных горячих точек и импактных районов, сопряженных с экологической дестабилизацией, сопровождающей осуществление программ хозяйственного освоения Арктической зоны Российской Федерации, принятых в последние годы. Для выявления горячих точек использована усовершенствованная методика, разработанная экспертами МГУ, ААНИИ, Минприроды РФ, Минэкономики РФ, РАН, РОСГИДРОМЕТа и др. в ходе выполнения проекта ГЭФ в 2000 г. по выявлению экологических «горячих точек» на севере России. На первом этапе она включала определение характера неблагоприятного экологического воздействия, его масштабы, затем – направления экологической дестабилизации.

В настоящей работе эти показатели определялись на основе сравнения с уже имеющимися аналогами экспертных оценок, основанных на изучении характера неблагоприятных экологических изменений, полученных в результате многолетних полевых наблюдений. Всего было выявлено около 20 потенциальных горячих точек, связанных с развитием промышленного (добыча полезных ископаемых) и транспортного природопользования (инфраструктура Северного морского пути, строительство новых железнодорожных веток и т. п.), а также с расширением селитебного природопользования в условиях неустойчивых к антропогенным воздействиям геосистем. Оформление карты соответствует принятому на опубликованной ранее в рамках указанного проекта карте, что позволяет проводить необходимые сравнения. Пояснительная записка к карте включает краткую характеристику выявленного объекта по анализируемым показателям в табличной форме. Группировки точек, обозначенные на карте, свидетельствуют о риске формирования новых импактных районов в случае отсутствия необходимых компенсационных мероприятий по реабилитации природной среды и экологической оптимизации нового производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Арктика, экологические нарушения, прогноз, картографирование.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: **web-town@mail.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: **avevseev@yandex.ru**

[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: **krasovsktex@yandex.ru**

Stanislav K. Belousov[1], Alexander V. Evseev[2], Tatiana M. Krasovskaya[3]

MAPPING OF POTENTIAL REGIONS OF ECOLOGICAL DISTURBANCES IN THE RUSSIAN ARCTIC

ABSTRACT

A forecast map was compiled presenting potential ecological hot spots and impact zones originated from ecological destabilization connected with implementation of the Arctic zone economic development programs adopted recently. To reveal hot-spots we used revised methods elaborated by experts from MSU, AARI, Ministries of Natural Resources and Economic Development of Russia, RAS, Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring etc. for detection of ecological hot spots at the Russian North in the frames of GEF project (2000). At the first stage type of unfavorable ecological impact, its scale were studied, followed by vectors of ecological disturbances. Analogies with the already existing hot spots, expert experiences of long-term field investigations of unfavorable ecological changes patterns were used in our work to find these characteristics. About 20 hot-spots connected with industrial (mineral resources extraction) and transport infrastructure activities (The Northern Sea Route infrastructure, new railway branch- lines etc.) as well as growth of residential nature management in the unstable to anthropogenic impact ecosystems. Mapping methods correspond to methods adopted for the map published earlier within the frames of the mentioned above project, enabling to make necessary comparing. Explanatory note includes brief characteristics of the revealed objects according to the analyzed parameters presented in a table. Hot spots groups shown at the map are the risk evidence of new impact regions appearance in case of inadequate compensatory measures directed at environment rehabilitation and ecological improvement of new economic activities.

KEY WORDS: Arctic, ecological disturbances, forecast, mapping.

ВВЕДЕНИЕ

С начала XXI в. Арктика привлекает всё возрастающее внимание многих государств мира, включая и весьма удаленные от нее (ФРГ, Китай, Япония и др.), усиливается ее экономическое освоение [Страны-наблюдатели…, 2014]. Это связано с богатством ее природных ресурсов и культурного наследия, геополитическими интересами, экологическими функциями не только регионального, но и глобального масштаба и др. Россия – северная страна, современное экономическое развитие которой тесно связано с хозяйственным освоением ее Арктической зоны, границы которой были определены указом Президента в 2014 г. (с изменениями 2017 г.). В разработанной в 2008 г. Государственной программе Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» с позднее принятыми дополнениями до 2025 г., Стратегическом плане действий «Арктика», реализуемом в рамках проекта «Российская Федерация – Поддержка Национального плана действий по защите Арктической морской среды», рассчитанным до 2020 г., Государственной программе Российской Федерации «Развитие транспортной системы», предусматривающей возрождение Северного морского пути, и других документах (Арктическая доктрина России) предусматривается хозяйственное освоение новых территорий по опорным зонам: 1) Кольской, 2) Архангельской, 3) Ненецкой, 4) Воркутинской, 5) Ямало-Ненецкой, 6) Таймыро-Туруханской, 7) Северо-Якутской, 8) Чукотской (рис. 1).

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: **web-town@mail.ru**
[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: **avevseev@yandex.ru**
[3] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: **krasovsktex@yandex.ru**

Рис. 1. Опорные зоны экономического развития Арктической зоны России [Смирнова, 2016]
Fig. 1. Basic zones of economic development in the Arctic zone of Russia [Smirnova, 2016]

Большая часть проектов экономического развития связана с ифраструктурными проектами (строительство и реконструкция объектов транспортной инфраструктуры, создание оптоволоконных линий связи), а также промышленными проектами, направленными на разработку новых месторождений полезных ископаемых (сибирские опорные зоны), модернизацию и строительство предприятий по первичной переработке сырьевых ресурсов, строительство судостроительных и судоремонтных предприятий. Только в Архангельской опорной области предусмотрено развитие туристско-рекреационного кластера, не связанного с избыточной антропогенной нагрузкой на природную среду Такой вектор развития неизбежно сопряжен с риском дестабилизации экологической обстановки в регионе. При этом современная экологическая обстановка в ряде районов уже относится к неблагоприятной – в них к началу XXI в. сформировались импактные зоны [Евсеев, Красовская, 1997; Кочемасов и др., 2005]. Роль Арктики России как экологического буфера глобального уровня выдвигает задачу максимального сохранения природной среды при новом освоении [Евсеев, Красовская, 2015]. Для решения этой задачи необходимо выявление потенциальных районов экологической дестабилизации, что и явилось целью настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу исследования положен анализ тематических и региональных разделов упомянутых выше федеральных программ, картографических материалов по расположению импактных районов в Арктике [Yevseev et al., 2000] экологической напряженности в регионе [Экологический…, 2017], сопряженные тематические научные публикации. На первом этапе проводилось определение характера неблагоприятного экологического воздействия, его масштабы, затем – направления экологической дестабилизации. В настоящей работе эти показатели определялись на основе сравнения с уже имеющимися аналогами, экспертных оценок, основанных на изучении характера неблагоприятных экологических изменений, полученных в результате многолетних полевых наблюдений, что также позволило критически оценить собранную информацию и интерпретировать полученные результаты.

Основными методами исследования были системный анализ и метод геоинформационого моделирования. Совместный анализ картографических и иных источников проводился в геоинформационной среде ArcGIS. Выявление потенциальных «горячих

точек и импактных районов» проводилось на основе базы данных, характеризующей антропогенное воздействие на природную среду. В базу данных были включены: материалы предыдущих исследований о существующих импактных районах (уровни загрязнения воздуха, вод, почв и механических нарушений природной среды), картографические и статистические данные об антропогенном влиянии на растительные сообщества (степень деградации растительного покрова в результате антропогенного воздействия и его оценочные площади), многолетнюю мерзлоту и другие компоненты природных геосистем, а также о приоритетных направлениях дальнейшего развития Арктической зоны Российской Федерации.

Геоинформационные методы пространственного анализа обеспечили системный учет различных факторов, оказывающих влияние на экологическую напряженность природной среды. Проведение оверлея слоев позволило выявить ключевые особенности территорий, определить потенциально уязвимые районы. Картографическое представление итоговой синтетической информации в геоинформационной среде дает объективную картину пространственного распространения антропогенного воздействия в регионе. Оформление карты соответствует принятому на опубликованной ранее в рамках указанного проекта карте, что позволяет проводить необходимые сравнения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе сопряженного анализа карты «горячих точек» на начало XXI в. [Yevseev et al., 2000] и данных о расположении опорных районов экономического освоения Арктической зоны Российской Федерации, приведенных в упомянутых выше федеральных программах, были выявлены районы пионерного освоения, расположенные вне уже сформировавшихся импактных зон. В соответствии с их предполагаемой специализацией были определены направления экологической дестабилизации природной среды. Конечно, по сравнению с началом XXI в. как методы освоения, так и технологические процессы предполагаемых производств претерпели существенные изменения в соответствии с усилившимся вниманием к вопросам сохранения природной среды при хозяйственном освоении территории, что нашло отражение в последних принятых документах Арктической доктрины и Государственной программе «Охрана окружающей среды на 2012–2020 годы» (2014), Стратегической программе действий по охране окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (2009), а также в соответствующих программах северных субъектов Российской Федерации. Однако неизменным остается факт крайней неустойчивости природной среды Арктики к антропогенному воздействию даже в его контролируемых объемах. Это связано с низким экологическим ассимиляционным потенциалом территории, неустойчивостью к механическим нарушениям вследствие широкого распространения многолетнемерзлых пород [Соломатин и др., 2000], с низкой скоростью самовосстановления ландшафтов, нарушенных антропогенным воздействием, занимающим десятилетия, а также современными нарастающими изменениями климата, оказывающими неоднозначное влияние на перечисленные процессы.

Сопряженный анализ карт экологической ситуации, включая карту экологической ситуации в местах компактного проживания коренных малочисленных народов [Национальный атлас России, 2007], актуального уровня устойчивости экосистем с учетом уже имеющейся антропогенной деформации, площади районов, на которых утрачены коренные экосистемы [Россия как система, 1998], карт сопряженной тематики Экологического атласа России (2017), прогнозных карт климатического риска изменения экосистем в зоне многолетней мерзлоты (Anisimov, Reneva. Permafrost

and changing climate. The Russian Perspective. Ambio, 2006, V. 36, No 4, p. 169–175) позволил соотнести пионерные районы освоения с современным экологическим состоянием природной среды и прогнозировать ее возможные изменения. В качестве реперной величины состояния экосистем мы выбрали степень сохранения биоразнообразия растительных сообществ вследствие нарушения местообитаний по разным причинам, что достоверно отражает современную степень экологического состояния. При этом в учет принимались следующие категории изменений: катастрофическая (сохранение естественных растительных сообществ на 20 % территории; кризисная – на 20–50 %, значительная – на 50–70 % и средняя – 70–90 %. Выбор этих категорий позволил прогнозировать вероятность формирования новых импактных районов в местах пионерного и сопутствующего прежнему освоения.

Характеристика выявленных потенциальных горячих точек в районах пионерного освоения, а также возможные направления экологической дестабилизации природной среды, сопряженные с хозяйственной деятельностью в них, позволили сформировать базу данных для построения карты потенциальных районов экологической дестабилизации в Арктической зоне России (табл. 1, рис. 2), включая и те, которые не входили в перечень горячих точек экологического значения на начало XXI в., а также обозначить районы, в которых характер антропогенной нагрузки на природную среду изменится по характеру воздействия либо возрастет, по сравнению с началом века. Отдельно оценена вероятность возникновения нового импактного района вследствие развития деетериорантных производств либо в результате возросшей антропогенной нагрузки и ожидаемых климатических изменений [Состояние…, 2014]. Вероятность возникновения импактных районов определялась аналоговым методом на основе материалов, характеризующих их возникновение, представленных в упомянутых выше работах (Евсеев, Красовская, 1997; Yevseev et al., 2000 и др.).

Всего в рамках опорных зон экономического развития Арктики (рис. 1) было изучено 16 районов планируемого хозяйственного развития (см. табл. 1). Среди них в трех районах произойдет расширение импактных зон, сформировавшихся к началу XXI в. Следует заметить, что некоторые из этих районов (Ямальский, Печенгский) характеризуются уже высокой степенью экологической дестабилизации (Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2013 г., Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2016 г.). Кроме того, высоким оказался потенциал экологической дестабилизации еще в пяти районах пионерного освоения. Главным образом, она может быть вызвана развитием транспортной инфраструктуры и освоением новых месторождений полезных ископаемых. Некоторые из этих районов (Индига, Чайка, Амдерма, Усть-Авамкий и др.) принадлежат к территориям экологического буфера, что может сократить объем средообразующих экосистемных услуг, формируемых там. Горячие точки экологического значения часто возникают на территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, которые также могут быть отнесены к экологическим буферным территориям, а также провоцируют возникновение этнокультурных конфликтов природопользования [Новикова, Якель, 2006].

На рис. 2 представлен фрагмент карты выявленных районов экологической дестабилизации в районе Ненецкого автономного округа, где сосредоточен ряд существующих «горячих точек», а также присутствуют риски формирования новых импактных районов. Сопоставление ее с картой горячих точек на начало века [Yevseev et al., 2000] наглядно показывает расширение риска экологической дестабилизации в регионе.

Таблица 1. Прогнозные районы дестабилизации экологической ситуации
Table 1. Forecast regions of ecological disturbance

№	Горячая точка/ район	Географическая привязка	Планируемая хозяйственная деятельность	Предшествующая хозяйственная деятельность	Экологическое состояние (пояснения в тексте)	Вероятность формирования импактного района	Причины экологической дестабилизации
1.	Печенгский залив	Баренцево море	Строительство перевалочного пункта транспортировки нефтяных углеводородов	–	20–50 %	Низкая	Механические нарушения, изменения климата, локальное загрязнение, влияние дальнего переноса аэротехногенных поллютантов
2.	Видино	Кандалакшский берег Белого моря	Строительство перевалочного пункта транспортировки нефтяных углеводородов	Металлургическое производство, лесозаготовки, транспортный узел	50–70 %	Расширение уже существующего	Механические нарушения, локальное загрязнение
3.	Белужья губа	Южный остров Новой Земли	Добыча полиметаллических руд, строительство порта для перевалки руды и нефтяных углеводородов	Закрытый испытательный ядерный полигон	70–90 %	Расширение уже существующего	Механические нарушения, локальное загрязнение, изменение климата
4.	Индига	НАО	Строительство транспортного узла: морской порт, железная дорога, перевалка нефтяных углеводородов	Традиционное ненецкое и поморское природопользование	70–90 %	Формирование нового импактного района	Механические нарушения, локальное загрязнение, изменение климата

5.	Амдерма	НАО	Модернизация морского порта	Традиционное природопользование коренных малочисленных народов, транспортное	70–90 %	Низкая	Механические нарушения, климатические изменения
6.	Ямальские: А. Сабетта Б. Новый порт В. Харасавэй	П-ов Ямал	Строительство транспортной инфраструктуры, поселков	Разработка нефтяных углеводородов, традиционное хозяйство коренных малочисленных народов, транспортное обслуживание	20 %	Формирование импактного района	Механические нарушения, локальное загрязнение, изменения климата
7.	Чайка	Запад п-ова Таймыр	Разработка угольных месторождений, строительство транспортной инфраструктуры	Традиционное природопользование коренных малочисленных народов	50–70 %	Формирование нового импактного района	Механические нарушения, локальное загрязнение, климатические изменения
8.	Усть-Енисейский	Устье Енисея	Разработка нефтяных углеводородов	Традиционное хозяйство коренных малочисленных народов, рыболовство, речной транспорт	70–90 %	Низкая	Механические нарушения, локальное загрязнение, климатические изменения
9.	Авамский	Центральная часть п-ова Таймыр, п. Усть Авам	Разработка нефтяных углеводородов	Традиционное хозяйство коренных малочисленных народов	70–90 %	Низкая	Механические нарушения, локальное загрязнение, климатические изменения
10.	Хатангский	Побережье Хатангского залива	Разработка нефтяных углеводородов, модернизация транспортной инфраструктуры	Традиционное хозяйство коренных малочисленных народов, транспортная инфраструктура, пищевая промышленность	20–50 %	Формирование импактного района	Механические нарушения, локальное загрязнение, климатические изменения

11.	Диксон	О. Диксон	Модернизация морского порта	Морской транспорт	70–90 %	Низкая	Механические нарушения, климатические изменения
12.	Тикси	П. Тикси	Модернизация морского порта	Транспортная инфраструктура, традиционное хозяйство коренных малочисленных народов	20–50 %	Низкая	Механические нарушения, климатические изменения
13.	Депутатский	Респ. Саха Якутия	Восстановление добычи рудного сырья, модернизация аэропорта	Добыча рудного сырья, традиционное хозяйство коренных малочисленных народов	50–70 %	Низкая	Механические нарушения, локальное загрязнение
14.	Зеленомысский	П. Черский	Модернизация порта, перевалка рудного сырья	Транспортный центр	50–70 %	Низкая	Механические нарушения, локальное загрязнение, климатические изменения
15.	Белогорский	Устье Индигирки	Модернизация порта	Добыча золота	20–50 %	Низкая	Механические нарушения, локальное загрязнение, климатические изменения
16.	Анадырский	ЧАО	Модернизация транспортной инфраструктуры	Добыча угля, нефти	20 %	Расширение импактного района	

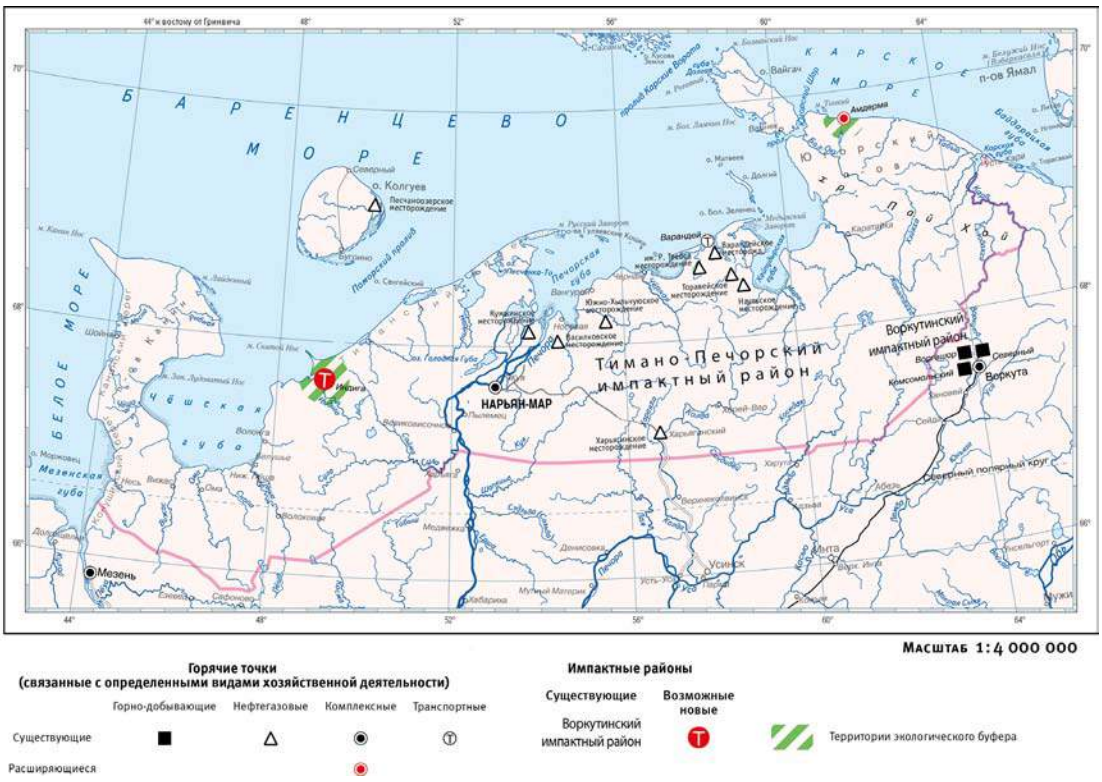


Рис. 2. Потенциальные районы экологической дестабилизации
в Российской Арктике (фрагмент)
Fig. 2. Potential regions of ecological disturbances in the Russian Arctic (fragment)

ВЫВОДЫ

– Осуществление программы экономического развития Арктической зоны России может привести к расширению уже существующих территорий экологической дестабилизации и формированию новых импактных районов, чему в ряде случаев будут способствовать современные изменения климата.

– В наибольшей степени экологическая дестабилизация может затронуть береговую зону морей Арктики.

– Существует вероятность возникновения этно-культурных конфликтов природопользования на территориях проживания коренных малочисленных народов Севера.

– Сопряженное решение задачи сохранения глобального экологического буфера Арктики и расширения хозяйственной деятельности требует особого внимания к территориальному планированию и экологически обоснованным методам хозяйственной деятельности, соответствующей условиям Арктики.

– Выявление и картографирование потенциальных районов экологической дестабилизации позволяет проследить динамику этого процесса с начала XXI в. до настоящего времени и на перспективу, предусмотренную программами освоения Арктической зоны России, а также в ряде случаев показывает целесообразность рассмотрения его возможных альтернативных природосберегающих вариантов.

Как показывает мировой опыт, с ростом экономики России вопросы экологического благополучия получат приоритеты в планах территориального развития [Decoupling natural…, 2011]. Тому же в значительной мере будет отвечать экологическое образование и воспитание. Это позволит Арктической зоне Российской Федерации на долгие времена оставаться бесценным достоянием России.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-05-00335.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No 18-05-00335).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евсеев А.В., Красовская Т.М.* Закономерности формирования импактных зон в Арктике и Субарктике России // География и природные ресурсы, 1997. № 4. С. 19–24.
2. *Евсеев А.В., Красовская Т.М.* Стратегия экономического развития Арктического региона России: проблема формирования экологического каркаса // Проблемы региональной экологии, 2015. № 1. С. 95–98.
3. *Кочемасов Ю.В., Моргунов Б.А., Соломатин В.И.* Эколого-экономическая оценка перспективы развития Арктики // Энергия, 2005. № 12. С. 60–65.
4. Национальный атлас России. Т. 2. Природа и Экология. М.: Роскартография, 2007. 495 с.
5. *Новикова Н.И., Якель Ю.Я.* Судебная защита права на традиционное природопользование: антрополого-правовые аспекты. М.: Изд-во ИЭА РАН, 2006. 38 с.
6. Россия как система. WEB-атлас, 1998 [Электронный ресурс] http://www.sci.aha.ru. Дата обращения 12.01.2018.
7. *Смирнова О.О.* Опорные зоны Арктики: проекты и перспективы // Материалы Форума «Арктические проекты – сегодня и завтра» 19 октября 2016 г., Архангельск [Электронный ресурс] http://www.sozvezdye-forum.ru/assets/files/. Presentation_2016/Plenarnaya%20 chast/SmirnovOOv2.pdf. Дата обращения 7.12.2017.
8. *Соломатин В.И., Чигир В.Г., Великоцкий М.А. и др.* Методы факторной оценки и картографирования устойчивости геосистем Крайнего Севера // География и окружающая среда. «Программа Университеты России – фундаментальные исследования МГУ». М.: ГЕОС, 2000. С. 343–355.
9. Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата // Материалы Всерос. конф. Архангельск: ИД САФУ, 2014. 199 с.
10. Страны-наблюдатели в Арктическом совете: позиция и мотивы деятельности. М.: АНО ЦСОИП, 2014. 102 с.
11. Экологический атлас России. М.: ООО Феория, 2017. С. 150–153.
12. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. UNEP, 2011. [Электронный ресурс] www.unep.org/resourcepanel/decoupling/... /decoupling _report_ english.pdf. Accessed 12.01.2018.
13. *Yevseev A.V., Krasovskaya T.M., Solntzeva N.P.* Environmental Hot-Spots and Impact zones of the Russian Arctic. 2000. web resource: http:/www.acops.org/publications

REFERENCES

1. Countries-supervisors in the Arctic Council: positions and motivations. Moscow: ANO CSOIP, 2014. 102 p. (in Russian).
2. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. UNEP, 2011. web resource: www.unep.org/resourcepanel/decoupling /.../ decoupling_report_english. pdf. Accessed 12.01.2018.
3. Ecological atlas of Russia. Moscow: OOO Feoria, 2017. P. 150–153.

4. *Kochemasov Yu.V., Morgunov B.A., Solomatin V.I.* Ecological and economic assessment of the prospects for the Arctic development. Energiya, 2005, No 12. P. 60–65 (in Russian).
5. National Atlas of Russia. V. 2. Nature and Ecology. Moscow: Roskartographia, 2007. 495 p.
6. *Novikova N.I., Yakel′ Yu.Ya*. Judicial protection of the right to traditional nature resource management: anthropological and legal aspects, Moscow: Izdatel′stvo IEA RAN, 2006. 38 p. (in Russian).
7. Russia as a system. WEB Atlas. web resource: http://www.sci.aha.ru Assessed 12.01.2018 (in Russian).
8. *Smirnova O.O.* Basic zones of economic development in the Arctic zone of Russia. M-ly Foruma "Arkticheskie proekty – segodnya i zavtra" 19 oktyabrya 2016, Arhangel′sk web resource: http://www.sozvezdye-forum.ru/assets/files/ Presentation_2016/Plenarnaya%20chast/ SmirnovOOv2.pdf. Assessed 7.12.2017 (in Russian).
9. *Solomatin V.I., Chigir V.G., Velikotskiy M.A*. Methods geosystems stability factors assessment and mapping at the Far North of Russia. Geografiya i okruzhayushchaya sreda. "Programma Universitety Rossii – fundamental′nye issledovaniya MGU". M.: GEOS. P. 343–355 (in Russian).
10. The state of the Arctic seas and territories in the context of climate change. Materialy Vserossijskoj konferencii. Arhangel′sk: ID SAFU, 2014. 199 p. (in Russian).
11. *Yevseev A.V., Krasovskaya T.M*. Patterns of impact zones formation in the Russian Arctic and Subarctic. Geografiya i prirodnye resursy, 1997, No 4. P. 19–24 (in Russian).
12. *Yevseev A.V., Krasovskaya T.M.* Strategy of economic development of the Arctic region of Russia: problem of ecological buffer territories formation. Problemy regional'noj ehkologii, 2015, No 1. P. 95–98 (in Russian).
13. *Yevseev A.V., Krasovskaya T.M., Solntzeva N.P.* Environmental Hot-Spots and Impact zones of the Russian Arctic. 2000. web resource: http:/www.acops.org/publications

УДК: 911.8; 912.43–15; 913

Маркова О.И.[1], Масленникова В.В.[2]

ЦЕННОСТЬ ПРИСОЕДИНЕННЫХ К МОСКВЕ В 2012 ГОДУ ТЕРРИТОРИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

АННОТАЦИЯ

План расширения территории Москвы был официально презентован 11 июля 2011 г., а реализован 1 июля 2012 г. Присоединенные территории получили название Новая Москва (другой вариант – Большая Москва). В результате площадь Москвы увеличилась в 2,4 раза и столица России заняла 6-е место в рейтинге крупнейших городов мира по площади. Расширение Москвы выбрано в юго-западном направлении как оптимальном для выполнения градостроительных, транспортных и экологических функций.

Помимо небольших территорий с западной стороны Московской области к Москве были присоединены две крупные и целостные территории – Троицкий и Новомосковский районы, которые были преобразованы в административные округа с одноименными названиями (в сокращении ТиНАО).

Присоединенные территории разделены на зоны различной степени урбанизации. В настоящее время планируются их активное развитие и застройка в соответствии с выбранными функциями – административно-деловой, медицинско-оздоровительной и рекреационной. Развитие новых территорий предусматривает создание 12 «точек роста» различного назначения. Планируются также строительство и расширение дорожной сети.

Территории Новой Москвы богаты природными и культурными ресурсами, многими интересными объектами культурного наследия, краснокнижными видами растений и животных. Необходимо такое планирование развития территорий, которое позволит в основном сохранить эти объекты, а также существующие природные и культурные ландшафты. Кроме того, в Новой Москве существуют определенные экологические проблемы, которые не должны быть усугублены с развитием ТиНАО как части Московской агломерации.

На составленной карте ТиНАО отражены населенные пункты, подразделенные по количеству населения, административные центры поселений, транспорт, основные направления градостроительного развития, территории первоочередной застройки и точки экономического роста. Карта может применяться в управлении территориями, москвоведении, обучении и научно-практической деятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: новые районы Москвы, территориальное планирование, градостроительное развитие, точки экономического роста, устойчивое развитие.

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **solntsevaolga@rambler.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **lcm@geogr.msu.su**

Olga I. Markova[1], Valentina V. Maslennikova[2]

VALUE OF TERRITORIES CONNECTED WITH MOSCOW IN 2012 AND OPPORTUNITIES OF THEIR OPTIMIZATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT

The plan of expanding of the territory of Moscow was officially presented on July 11, 2011, and was implemented on July 1, 2012. Affiliated territories were called New Moscow (another variant is Big Moscow). As a result, the area of Moscow increased 2,4 times, and the Russian capital took the 6th place in the rating of the largest cities in the world in terms of area. The extension of Moscow is chosen in the south-west direction as optimal for urban planning, transportation and environmental functions.

Besides small territories on the western side of Moscow region, two large and holistic territories were joined with Moscow – Troitsky and Novomoskovsk districts, which were transformed into administrative districts with the same names (in the reduction T&NAD).

The affiliated territories are divided into zones of varying degrees of urbanization. Currently, their active development and building are planned in accordance with the selected functions – administrative-business, health-improving and recreational. The development of new territories provides for the creation of 12 "points of growth" for various purposes. Also the building and expanding of the road network is planned.

The territory of New Moscow is rich in natural and cultural resources, many interesting objects of cultural heritage, red book species of plants and animals. It is necessary to plan the development of the territory, which will basically preserve these objects, as well as existing natural and cultural landscapes. Besides in New Moscow exist some environmental problems which should not be exacerbated during the development of T&NAD as a part of the Moscow agglomeration.

The created map of T&NAD reflects settlements subdivided by population, administrative centers of settlements, transport, the main directions of urban development, the territories of high-priority building and points of the economic growth. The map can be used in the management of territories, the Moscow science, the education, scientific and practical activities.

KEYWORDS: new districts of Moscow, territorial planning, urban development, points of economic growth, sustainable development.

ВВЕДЕНИЕ

Границы между Москвой и Московской областью в последний раз были изменены 1 июля 2012 г. [Постановления Московской городской Думы от 7 декабря 2011 г. № 372 и от 27 декабря 2011 г. № 560-СФ]. Изменение границ вступило в силу 1 июля 2012 г.

Этот проект явился самым масштабным за всю историю административно-территориального деления города. В результате площадь Москвы увеличилась в 2,4 раза и наша столица заняла 6-е место в рейтинге крупнейших городов мира по площади [https://ru.wikipedia.org/wiki/Новая Москва – Википедия]. По численности населения город сохранил 7-е место из-за невысокой плотности населения на новых территориях, преимущественно Троицкого административного округа.

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskiye Gory, 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **solntsevaolga@rambler.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskiye Gory, 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **lcm@geogr.msu.su**

Основными целями проекта явились демонтаж традиционной моноцентрической структуры Московской агломерации и упорядочение градостроительного зонирования с отчетливо выраженной административно-правительственной специализацией. Исторически сложившаяся кольцевая структура развития города, несмотря на внешнюю привлекательность своей симметрией и компактностью, привела к моноцентризму города, в результате чего на сравнительно небольшой территории сконцентрировались многочисленные рабочие места и объекты массового посещения москвичами и гостями столицы. Расширение территории города призвано преодолеть этот моноцентризм, создать базу развития Москвы, размещения федеральных органов государственной власти, создания и развития международного финансового центра, а также социального, инженерного, транспортного и инвестиционного развития всего Московского региона [Сообщение Пресс-центра Мосгордумы, 27 декабря 2011 г.].

Говоря о стратегических ресурсах развития Московской агломерации и, в частности, ее новых территорий, А.А. Тишков [2014] отмечает важность наличия и использования следующих ресурсов: актуального пространства, физико-географических, экологических и институциональных условий, природных, социально-экономических (в том числе трудовых и рекреационных) ресурсов, экономических стимулов. Фактором и ресурсом развития Московской агломерации является актуальное пространство, которое реально может быть освоено растущим городом. Оно зависит от ряда экономических и политических факторов, от отношения соседних субъектов между собой. На новых территориях есть потенциал для эффективного заселения порядка 500 тыс. человек максимум. Функции этих территорий рассматриваются преимущественно как природоохранная и рекреационная [Тишков, 2014].

Расширение Москвы выбрано в основном в юго-западном направлении как в месте оптимального местоположения для выполнения градостроительных, транспортных и экологических функций [https://ru.wikipedia.org/wiki/Новая Москва – Википедия]. На северо-востоке она граничит со старой территорией города, на юго-западе – с Калужской областью, с остальных сторон окружена Московской областью. Два административных района, вошедшие в состав Москвы крупной территорией – Троицкий и Новомосковский, – получили название Троицкий и Новомосковский административные округа (сокращенно ТиНАО) площадью 148 тыс. га, с населением на момент присоединения 234 тыс. человек. В настоящее время население ТиНАО составляет 540 тыс. человек с учетом временно проживающих. К 2035 г. планируется увеличение населения Новой Москвы до 1,5 млн человек, создание 1 млн рабочих мест, строительство 600 км дорог и 40 км линий метро [https://stroi.mos.ru/news/Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы]. Кроме того, в состав Москвы были включены несколько небольших участков к западу от основной территории города: инновационный центр Сколково на части территории городского поселения Новоивановское Одинцовского района площадью 618 га, планируемый международный финансовый центр Рублёво-Архангельское (часть территорий сельского поселения Барвихинское Одинцовского района и городского поселения Красногорск) площадью 460 га и планируемый административно-рекреационный центр Конезавод, ВТБ к востоку от Звенигорода (часть территории сельских поселений Ершовского и Успенского Одинцовского района общей площадью 2182 га) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Новая Москва – Википедия]. В нашей работе мы не рассматривали эти небольшие территории, ограничившись изучением ТиНАО.

На момент присоединения к Москве эта территория отличалась слабой урбанизацией (особенно в Троицком административном округе) с фондом застройки около 12 млн м².

В настоящий момент ситуация активно меняется. Территория, став столицей, стремительно застраивается и заселяется, проводится сеть новых дорог, существуют планы развития территории в разных направлениях на основе выделенных «точек роста». В то же время территория ТиНАО имеет ряд существенных экологических проблем, которые с ростом населения и масштабной экономической деятельности будут только усугубляться. ТиНАО обладает и довольно внушительным списком краснокнижных видов растений и животных, объектов природного и культурного наследия, которые не должны быть угнетены или утрачены в процессе интенсивного развития городских территорий.

Целью настоящей работы явилось изучение и картографирование ТиНАО в планах городского развития и строительства с учетом настоящих и потенциальных экологических проблем, а также возможной опасности разрушения ценных участков, богатых объектами природного и культурного наследия. В процессе исследований были изучены разнообразные источники информации по новым территориям Москвы и составлена комплексная карта с особенностями градостроения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При работе над созданием карты и изучения ситуации в ТиНАО использовались литературные и Интернет-источники, общегеографические и топографические карты, космические снимки Google и Wikimapia, материалы Атласа Московской области [2005].

Путем обобщения имеющегося материала составлена синтетическая карта ТиНАО, на которой показаны прежде всего общегеографическая характеристика территории, особенности ее заселения и градостроительного развития.

Основа карты составлена в среднем масштабе – 1 : 350 000 – с использованием общегеографических и топографических карт масштаба 1 : 350 000 [Москва и Московская область…, 1996], 1 : 140 000 и 1 : 90 000 [Москва современная..., 2016; Новая Москва..., 2017–18], а для уточнения отдельных участков карта крупного масштаба 1 : 90 000 [Москва современная..., 2016]. При составлении основы необходимо было также обращаться к картам и космическим снимкам Google [https://www.google.ru/maps/search/Новая+Москва] и Wikimapia [http://wikimapia. org/], в основном для коррекции контуров населенных пунктов и путей сообщения.

На составленной карте собственно к элементам основы относятся лишь гидрографическая сеть и фон окружающих территорий. Остальные элементы являются не только элементами основы, но и входят в специальное содержание составленной карты. Полученная картографическая основа может быть использована также для создания карт близких к выбранному масштабов.

На составленной карте показаны прежде всего административные границы трех уровней: отдельных субъектов федерации, Троицкого и Новомосковского районов и их граница со Старой Москвой, отдельных поселений присоединенных районов. Новомосковский район включает в себя 11 поселений, Троицкий – 10. Два включенных в состав Москвы района неоднородны: Троицкий район не только дальше от Старой Москвы, но и значительно больше по площади, менее застроен и обладает намного большим количеством природных территорий, чем Новомосковский.

Населенные пункты показаны с подразделением по их типу и количеству населения. Масштаб карты позволил показать населенные пункты в выраженных контурах. Для показа населенных пунктов выбрана штриховка как ненавязчивый способ изображения, могущий быть наложенным на цветовой фон. Черный цвет штриховки выбран для городов, коричневый и светло-коричневый – для более многочисленных сельских населенных пунктов, подразделенных по их типу, указанному в таблицах административно-территориальной информации по поселениям

(поселки, села и деревни; в последнюю категорию вошел также один хутор) [https://ru.wikipedia.org/wiki/]. Городов на изучаемой территории всего три – Московский, Щербинка и Троицк. Они являются центрами одноименных поселений. Центрами других поселений являются сельские населенные пункты. На карте подписаны названия поселений красно-коричневым цветом, выделяющимся на фоне подписей населенных пунктов. В том случае, если название поселения совпадает с названием города, на карте в данном масштабе подписан только город.

По количеству населения города подразделены на города с населением более 50 000 населения (средние) и менее 50 000 (малые). По этой классификации Троицк и Московский относятся к средним городам, а Щербинка – к малым [Лаппо, 1997]. Сельские населенные пункты подразделены по количеству населения на 5 категорий (более 10 000, 10 000 – 5 000, 5 000 – 1 000, 1 000 – 500 и менее 500). Количество населения может сильно варьироваться в разных типах поселений. Населенные пункты с населением менее 100 человек в основном не показаны на карте в данном масштабе.

Административные центры поселений выделены красной обводкой. Названия поселений в одних случаях образованы от названий центров (например, Роговское, Клёновское, Кокошкино), в других – совершенно от них отличаются или центром является один населенный пункт, а название поселения образовано от названия другого (например, поселение Филимонковское – центр Верхнее Валуево; Рязановское – Знамя Октября; Первомайское – Птичное).

На карте показаны пути сообщения (железные и автодороги, метро, аэропорты), как действующие, так и строящиеся. Из автодорог выделены категории: автомагистрали, автострады и автомобильные дороги с покрытием. Развитие территории с размещением мест приложения труда вызовет проблему перегрузки автотранспортной системы. Потребуется как строительство новых дорог, так и улучшение существующих – Калужского и Киевского шоссе. В настоящее время ведется строительство параллельной линии центральной кольцевой автомагистральной дороги (ЦКАД, Московское Малое кольцо). В 2017 г. начато строительство автомагистрали в 2 и 3 полосы в каждом направлении Марьино – Московский – Саларьево, которая станет дублером Киевского и Калужского шоссе и позволит улучшить транспортную доступность города Московский и других населенных пунктов [https://mosgazeta.ru/автодорога-саларьево-марьино-2017/]. Окончание строительства на отдаленных участках дороги запланировано на период после 2020 г. Строятся или планируются к строительству и ряд второстепенных автодорог. Все автомобильные дороги Новой Москвы будут дублированы велодорожками для стимулирования населения к здоровому образу жизни.

В ближайшие годы планируется построить 60 км автодорог, 6,5 км линий метро, 3 станции, 1 депо и крупнейший в Москве транспортно-пересадочный узел в Саларьево [https://god2018.org/novaya-moskva-2018/]. На территории последнего будут размещены электродепо, перехватывающая парковка на 5000 мест, автовокзал, станция скоростного трамвая, крупный торговый центр.

На карте значками показаны действующие, строящиеся и планируемые к строительству станции метро, которое постепенно пройдет далеко по территории ТиНАО. В настоящее время на территории Новой Москвы действуют только две станции Сокольнической линии метро: Румянцево (построена в 2015 г.) и Саларьево (с 2016 г.). Всего до 2035 г. запланировано строительство четырех новых станций Сокольнической (Филатов луг, Прокшино, Ольховая и Столбово (пересадочная), 2019 г.), 3 – Солнцевско-Калининской (Рассказовка, Пыхтино, Внуково, 2035) линий метро, 10 – линии с рабочим названием «Хорда на Коммунарку» или «Коммунарка» (Славянский мир, Мамыри, Коммунарка, Столбово (пересадочная), Сосенки, Воскресенское, Десна, Десёновское, Ватутинки, Троицк) и еще нескольких – линии с рабочим названием «Бирюлёвская хорда» (Щербинка, Рязановское и другие). Планируется построить в Коммунарке два транспортно-пересадочных узла – «Столбово» и «Сосенки».

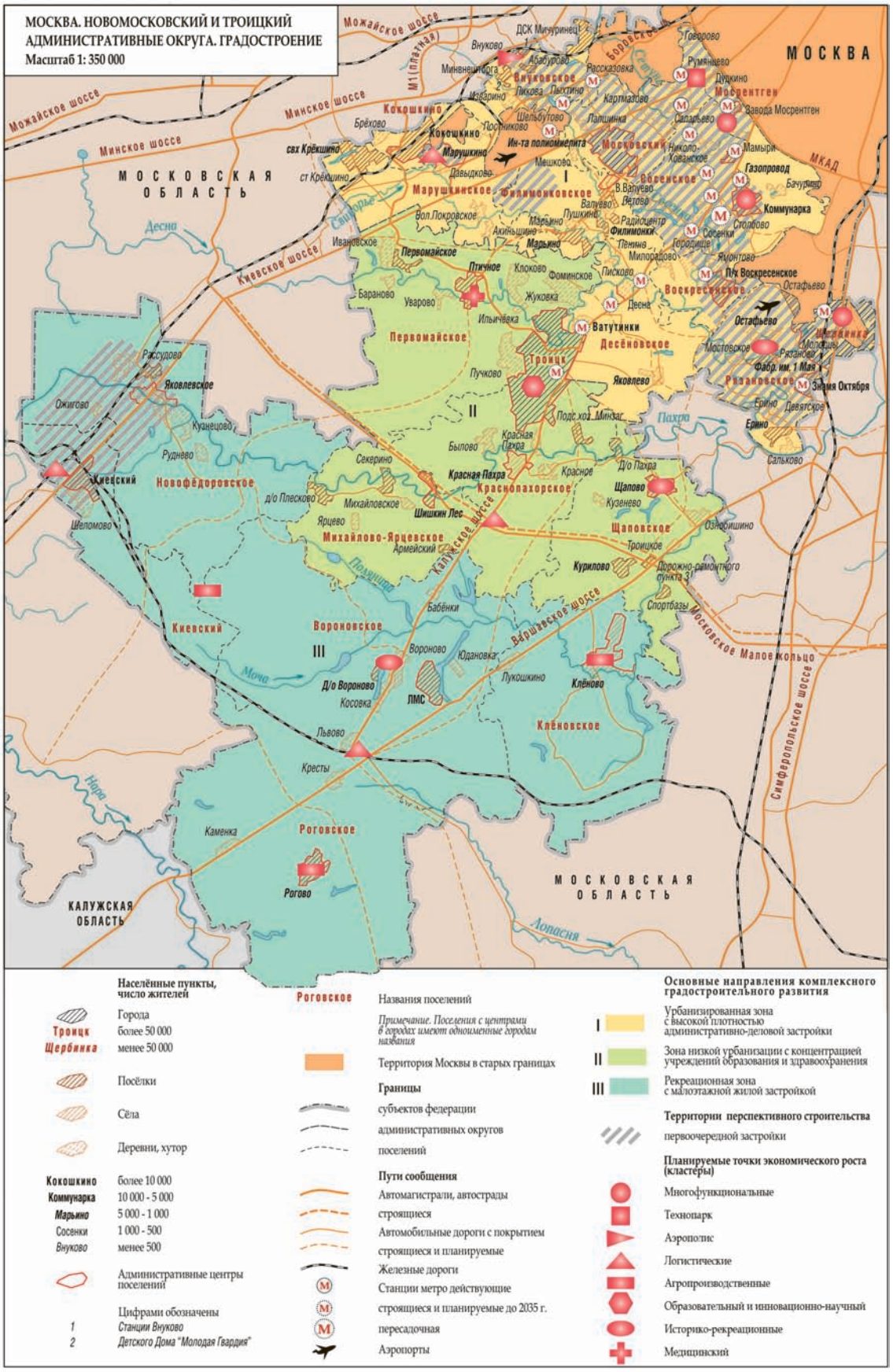


Рис. 1. Карта районов Новой Москвы с особенностями градостроения
Fig. 1. Map of regions of New Moscow with features of urban planning

Кроме того, линия скоростного трамвая по плану пройдет вдоль автомобильной дороги Марьино – Московский – Саларьево с ответвлением в город Московский, но пока еще не определены сроки реализации этого проекта [https://mosgazeta.ru/метро-в-новой-москве-планы-и-схемы/; https://mosgazeta.ru/ автодорога-саларьево-марьино-2017/; http://news.metro.ru/18/mmf_180226.jpg]. Ветка скоростного трамвая соединит желтую и красную линии метро; сроки ее строительства определят до 2020 г. К 2035 г. в Троицком и Новомосковском округах планируется построить 178 километров трамвайных линий. В настоящее время уже началось проектирование участка трамвайной линии от деревни Мамыри до города Троицка [http://moscowbig.ru/news/v_novoj_moskve_k_2035_godu_prolozhat_pochti_180_kilometrov_tramvajnykh_linij/2018-02-01-5044]. На составленной карте эти трассы пока не показаны во избежание перегрузки карты выбранного масштаба.

Таким образом, Новомосковский район со временем станет весьма развитым в транспортном отношении.

На карте значками показаны также два действующих аэропорта – Внуково и Остафьево. Один из основных московских аэропортов Внуково отмечен на карте, хотя и не входит в территориальное расположение Новой Москвы. Он тесно связан с окружающим Внуковским поселением и оказывает большое влияние на экономическую деятельность и экологическую обстановку окружающих территорий. Внуково – международный аэропорт международного значения. Он занимает третье место в России по количеству обслуженных за год пассажиров после аэропортов Шереметьево и Домодедово [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Внуково_(аэропорт)]. Аэропорт Остафьево – аэродром совместного базирования и международный аэропорт федерального значения, принадлежит Министерству обороны РФ. В настоящее время он позиционируется как международный бизнес-аэропорт, готовый оказывать услуги по приему и обслуживанию иностранных воздушных судов. Для удобства сообщения с Москвой реконструируется дорога к аэропорту от Калужского шоссе [https://ru.wikipedia.org/wiki/Остафьево_ (аэропорт)].

Красочным фоном на карте отражены старые территории Москвы и три пояса намеченного деления территории ТиНАО по основным направлениям комплексного градостроительного развития [http://novye-kvartaly.ru/press-centr/tochki-rosta-plan-razvitiya-novoy-moskvyi/]. Цветовая гамма выбрана в зависимости от степени застроенности и наличия природных территорий. Предполагается, что первый пояс, удаленный от Москвы на 25 км, будет частично урбанизирован с преобладанием высокой административно-деловой застройки. Второй пояс, расположенный южнее – в 25–40 км от кольцевой дороги, составит территорию с низкой урбанизацией и концентрацией учреждений образования и здравоохранения. Третьему поясу – самому удаленному от Москвы – отводится рекреационная роль с малоэтажной жилой застройкой.

С изменением границ Москвы все земли, вошедшие в состав столицы, перешли в категорию земель населенных пунктов, независимо от их предшествующего назначения (сельскохозяйственного, промышленного и др.). До 1 января 2025 г. Москва имеет преимущественное право покупки земельных участков (при их продаже), которые до изменения границ относились к землям сельскохозяйственного назначения [http://moscowbig.ru/news/novaja_moskva_realizacija_gradostroitelnogo_zakonodatelstva/2012-07-19-103].

В планах градостроительного развития Новой Москвы существуют территории первоочередной застройки, которые в первую очередь будут развиваться как городские. Фонд новой застройки составляет 100 млн м² [https://god2018.org/novaya-moskva-2018/]. На карте эти земли показаны по фону серой толстой штриховкой.

Территории первоочередной застройки в основном расположены во Внуковском, Московском, Марушкинском, Сосенском, Воскресенском, Рязановском, Филимонковском поселениях и поселении Мосрентген и Щербинка Новомосковского административного района и Новофёдоровском поселении Троицкого административного района. В основном они наиболее близки к Москве, прилегают к МКАД и Киевскому шоссе.

Территории первоочередной застройки связаны, но не абсолютным образом, с планируемыми точками роста Новой Москвы. Точки роста, или кластеры, определены в 2013 г. на коллегии Стройкомплекса Москвы. Точки роста запланированы для выполнения разных функций. На карте они показаны значками с подразделением по этим функциям. К точкам роста относятся: многофункциональные (административная деятельность, торговля, гостиницы, офисы, производство, транспорт, обслуживание и др.) – Коммунарка, Щербинка и Мосрентген; технопарк – Румянцево; аэрополис – Внуково; логистические – Бекасово (в районе поселка Киевский), зона ЦКАД (в зоне пересечения с Калужским шоссе), зона БМД (Большой Московской окружной железной дороги, у деревни Львово), Марушкино (последний в сочетании с агропроизводством); агропроизводственные (сельскохозяйственное производство и переработка продукции) – Рогово, Клёново, Вороновское; образовательный и инновационно-научный – Троицк; историко-рекреационные – Щапово, Рязаново-Остафьево, Вороново, медицинский – Птичное [http://archsovet.msk.ru/article/ aktualno/kollegiya-stroykompleksa-moskva-itogi-i-perspektivy; http://novye-kvartaly.ru/press-centr/tochki-rosta-plan-razvitiya-novoy-moskvyi/]. Например, в точке роста Румянцево планируется строительство 2,5 млн м² зданий (административно-деловых – 880, торговых и складских – 510, коммунальных – 21, прочих – 90 тыс. м², жилых – 1 млн м²) и 105 866 рабочих мест [https://investmoscow.ru/city-projects/aip/план-развития-новых-территорий/].

Следует отметить, что классификация и выделение точек роста на разных Интернет-ресурсах не очень четкое; при создании карты осуществлен опыт обобщения данных. Видимо, понятие о точках в государственном планировании сильно отличается от геометрического понятия точки в географии и картографии. То же относится и к их количеству – при подробном рассмотрении 12 декларированных точек роста превращаются в 17.

Все способы изображения на карте согласованы между собой для наилучшей читаемости и внешней гармонии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Составленная карта – основа для дальнейшего изучения и регионального планирования территории Новой Москвы, богатой как природными ресурсами, так и памятниками природного и культурного наследия. Карта позволяет увидеть современную ситуацию и градостроительные перспективы ТиНАО, составить представление о предстоящем развитии этой территории как столичных районов.

Новоприобретенные территории Москвы имеют и свои проблемы, в том числе характерные как для всех прилегающих к Москве районов. Прежде всего, это экологические проблемы, осложняющие жизнь и препятствующие последующему заселению Новой Москвы. Причины их в нестабильном базовом законодательстве, ухудшении системы управления охраной природы, игнорировании экспертизы, разрушении системы экообразования.

Среди главных экологических проблем Новой Москвы – загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом. Плотность выбросов (кг/км) дорожной сети с твердым покрытием составляет от 25 до 80. Высокое загрязнение природной среды исходит от автострад, дорог федерального значения, среднее – от автомобильных дорог федерального и регионального значения, низкое – от прочих автомобильных дорог. Кроме того, от дорог идут

шум и пыль (Калужское шоссе). При строительстве ЦКАД, реконструкции и расширении дорожного полотна других дорог осуществляется вырубка тысяч ценных деревьев и кустарников, что весьма негативно сказывается на экологии.

Проблема водоснабжения ТиНАО стоит очень остро. Поверхностные воды рек по качеству относятся к грязным; загрязнены даже истоки рек. Основными загрязняющими веществами являются биогенные элементы (фосфор и азот), кислотные соединения, органические вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы. Потенциал потребления пресных подземных вод исчерпан. В настоящее время задача водохозяйственного обеспечения населения состоит в организации сбора, отвода и очистки поверхностного стока.

Утверждены минимальные размеры водоохранных зон и прибрежных речных полос. Так, на реке Пахре длиной до 100 км охранная зона составит 100 м. В прибрежной полосе запрещается всякая деятельность.

В качестве потенциальных источников водоснабжения рассматривается перспектива создания водохранилищ на реках Десна и Пахра [Тишков, 2013].

В 2014 г. Мосводоканалом было обследовано канализационное хозяйство Новой Москвы. Оказалось, что биологическая очистка сточных вод на 7 очистных сооружениях полностью отсутствует, на 10 – изношена. Всего в ТиНАО 46 станций водозабора (41 из них не соответствует норме) и 19 очистных сооружений. К 2021 г. планируется направить стоки в Курьяновское и реконструировать Южно-Бутовское очистные сооружения. С 2012 по 2014 гг. Мосводоканал заменил в ТиНАО 4 км водопроводных труб и 14 км канализационных сетей. Были отремонтированы 10 резервуаров для питьевой воды, обследованы и реконструированы 12 водозаборов, начата реконструкция очистной станции в поселке Минзаг [http: //newmos.info/ content/articles/4392.html].

Одну из трудно решаемых задач составляет проблема свалок твердых коммунальных отходов (ТКО). В настоящее время на территории ТиНАО свалки закрыты (санкционированные свалки Щербинка – 123,5 га, Саларьево – 60 га, Сосенки – 40 га, Ракитки – 4 га и мегаполигон Малинки — 67 га). Последний построен на месте нереконструированного полигона в 19 га и пока законсервирован, хотя полностью построен и готов к принятию отходов. Саларьево – самая большая свалка на Европейском континенте; высота достигла высоты 27-этажного дома. Полигон функционировал как московская свалка с 1963 по 2007 г.; после его закрытия и неправильной консервации он стал источником постоянного загрязнения окружающей среды [http://newmos.info/content/articles/298.html]. Возле деревень Свитово, Никульское и Девятское имеются рекультивируемые карьеры. Есть несколько нерекультивированных свалок – Акатово, Летово, Мосрентген; около Марьинской птицефабрики находится могильник птиц. Ошибки консервации свалок приводят к загрязнению природной среды – под полигонами накапливаются яды, проникающие в грунтовые воды. Нарушение поверхностного слоя вблизи полигона приводит к выходу ядовитого фильтрата на поверхность. Любая хозяйственная деятельность, по мнению экологов, должна быть запрещена в пределах 500 м от свалок.

Проблема свалок частично решается переработкой отходов, позволяющей сократить их количество и получить вторичные ресурсы. В связи с этим намечается строительство мусороперерабатывающего завода в Бутове. Предполагается, что мусор будут вывозить на заброшенные объекты Минобороны и закрытые полигоны химического оружия. Мусорные полигоны после рекультивации могут использоваться в хозяйственной и рекреационной деятельности. Например, в Саларьево на месте закрытого мусорного полигона может появиться парк или горнолыжная трасса. Численность населения в будущем там может достигнуть 70 000 человек; в настоящее время там проживает всего около 400 человек [https://mosgazeta.ru/метро-в-новой-москве-планы-и-схемы/].

Серьезными источниками антропогенного воздействия на природную среду, прежде всего шумового, являются аэродромы. Внуковский аэродром как крупнейший транспортный узел является мощным источником акустического фона. Проживание в 3–5 км от взлетно-посадочных полос негативно влияет на человека. Шум, загрязнение воздуха (оксиды азота и углевода, диоксид серы, сажа) и вибрацию следует учитывать при создании санитарно-защитной зоны проживающего рядом населения. Небольшой аэродром Остафьево пока серьезной угрозы от шумового загрязнения не представляет, однако население жилых домов, детских садов и садоводческих товариществ уязвимы под глиссадами. Кроме того, планируется дальнейшее развитие Остафьево как международного бизнес-аэропорта, соответственно, нагрузки на природную среду будут только возрастать.

В городе Троицке – центре инновационно-термоядерных исследований – ухудшен радиационный фон. Помимо этого, на 10 % исследованной территории было обнаружено несколько радиоактивных свалок. Вблизи закрытого Подольского завода цветных металлов находится более 10 тыс. м³ радиоактивных отходов; радиационная свалка расположена рядом с заводом Мосрентген; радиация обнаружена на мусорных полигонах Саларьево и Сосенки.

Новая Москва относится к наиболее экологичным районам столицы; ее часто называют «зелеными легкими». Здесь, прежде всего в Троицком административном округе и, конечно, на наибольшем удалении от МКАД, – огромное количество лесов, практически отсутствует промышленность, низка плотность населения и нет особо перегруженных автомобильных трасс. По разработанной для Москвы типологической классификации, в результате которой вся территория Москвы была разделена на пять типов, почти вся основная территория ТиНАО относится к типу природных, лишь поселения Киевский, Московский, Внуковское и город Троицк – к типу озелененных. Однако леса постоянно подвергаются вырубке и деградации. За 16 лет (с 2000 по 2016 г.) Новая Москва потеряла 1708 га древесно-кустарниковых насаждений, что почти в 2,5 раза превышает аналогичные потери Старой Москвы (728 га) [Яблоков, 2017]. Вся площадь лесных массивов Новой Москвы составляет 75 000 га [https://stroi.mos.ru/new-moscow/obustroistvo-parkov].

В 2014 г. была разработана схема природно-экологического каркаса ТиНАО. Выделены особо охраняемые зеленые территории, на которых должно сохраняться биологическое и ландшафтное разнообразие природной среды. Охрану следует вести рационально, не допуская крупных вырубок, минимизируя ущерб, обеспечивая рациональное использование ресурсов. Необходимо проводить очистку зеленых массивов от жуков-короедов и мусора, повышать уровень пожарной безопасности [http://my-msk.ru/topic/29636/].

Однако особо охраняемые зеленые территории, оказывающие положительное влияние на экологическую обстановку и создающие благоприятные условия для отдыха людей, часто изымаются из земель ООЗТ по решению Градостроительно-земельной комиссии. Во многих местах наблюдаются незаконный захват и строительство в санитарных зонах водотоков и водоемов.

К сожалению, рекреационные зоны и зоны особо охраняемых территорий часто находятся под угрозой разрушения. К примеру, памятник природы Черноольховый лес с уникальными для Московского региона черноольшаниками, 169 видами сосудистых растений, 60 краснокнижными видами животных, растений и грибов, историческим урочищем Введенское-Борисовка, понес большой ущерб из-за незаконного строительства дороги, коттеджей и таунхаусов, уничтожения части деревянного архитектурного ансамбля деревни [Тихонова, Кугай, 2017]. В настоящее время предпринимаются усилия для спасения урочища. Департамент развития новых территорий Москвы считает, что на базе Введенского-Борисовки и примыкающей к урочищу биогеоценологической станции Малинки возможно размещение значительного по площади природного парка с этнографической

деревней [www.capitalstyle.ru]. Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН с поддержкой общественности и известных ученых и деятелей культуры выступает с инициативой создания в границах ПТК Черноольхового леса государственного природного заказника. Режим особой охраны был бы препятствием незаконной застройке и позволил бы продолжить наблюдения за природными экосистемами и сохранить памятник для потомков [Тихонова, Кугай, 2017].

В городе Троицке возникла угроза существованию живописнейшего лесного массива, определяющего ландшафтную и экологическую уникальность местности, из-за строительства торговых и офисных центров, автостоянок, автомоек, гостиниц. Событие вызвало широкий общественный резонанс [https://троицкий-округ.рф/news/1123/].

Для бывших лесов на территориях Новой Москвы принята разновидность статуса особо охраняемой территории – Особо охраняемая зеленая территория города Москвы (ООЗТ). К ООЗТ были отнесены 132 участка общей площадью 670 км²; их границы были определены постановлением Правительства Москвы № 424-ПП от 22 августа 2012 года [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Особо_охраняемая_зеленая_территория]. В список ООЗТ был включен и Троицкий лес. Экологический контроль за зелеными зонами должен осуществляться Департаментом природопользования и охраны окружающей среды.

Предполагается осуществлять контроль за состоянием атмосферного воздуха и пробами снега с установкой термолюминесцентных дозиметров. На территории Троицкого и Новомосковского округов будет установлено 6 мобильных автоматических станций контроля загрязнения атмосферы на базе автомобильных прицепов. Будут действовать также и используемые в настоящее время передвижные экологические лаборатории [http://moscowbig.ru/news/ v_tinao_ustanovjat_shest_mobilnykh_stancij_kontrolja_zagrjaznenija_atmosfery/2013-08-04-764]. Система радиационно-экологического мониторинга (РЭМ) действует, постоянно совершенствуется и состоит из стационарных и мобильных средств контроля и аналитического центра. Значения контролируемых радиационных параметров объектов окружающей среды в 2014 г., например, находились в пределах многолетних колебаний техногенного фона столицы [http://www.atomic-energy.ru/technology/55260].

Департамент развития территории ТиНАО для создания общественного пространства и оздоровления городской среды предусматривает создание около 90 новых парков (часть из них уже существует). Парки будут разными по площади: как небольшие зеленые зоны площадью 20 га, так и масштабные – площадью порядка 3000 га [https://stroi.mos.ru/new-moscow/obustroistvo-parkov]. Это спортивно-оздоровительные, детские, ботанические, историко-культурные, археологические, мемориальные, природно-исторические, прогулочные парки и парк развлечений (природный экогород). Намечается организовать зоны для купания на водоемах-прудах на реках Моча, Трешня, Лопасня, Десна, на притоках реки Пахры Литовке, Лубянке, Незнайке и Черничке.

Активная застройка ТиНАО не разгружает старую Москву, а является ускорителем процесса территориального «расползания» реальной Москвы. При этом малореален будущий облик Москвы как «города среди лесов». Процесс трансформации агломерации занимает не менее 20–25 лет; в течение этого времени могут быть приняты и реализованы новые градостроительные решения [Махрова и др., 2013].

Природно-ландшафтные особенности должны определять перспективное функциональное зонирование и оптимальную архитектурно-планировочную организацию пространства. Растущий город должен обходить поймы и долины рек, болота, крутые склоны. ООЗТ и неудобные для застройки участки должны стать элементами природного каркаса города, который определит основные направления градостроительной

деятельности и ограничения использования территории. При этом Новая Москва может стать полигоном инновационного природопользования [Кочуров, Ивашкина, 2013].

Территория Новой Москвы – район, где расположено множество памятников истории и культуры. Это памятники археологические (Десна, Пенино, Щапово и др.), истории средневековья (Вороново, Остафьево, Щапово, Рогово и др.), времени расцвета Московского царства XVII в. (Никольское-Колчево, Варварино, Станиславль и др.), усадебной и садово-парковой архитектуры XIII–XIX вв. (Остафьево, Валуево, Вороново и др.) [http://moskraeved.ru/pages/history-tinao.html]. Часть памятников находится в хорошей сохранности, другие – в разрушенном состоянии. Плохое экологическое состояние окружающей среды также может вредить и памятникам истории и культуры. Развитие ТиНАО как районов Москвы с интенсивной коммерческой застройкой может вызывать угрозу разрушения или исчезновения гармонии исторического культурного ландшафта.

Районы ТиНАО имеют большие перспективы в развитии туризма и рекреации. Ряд маршрутов по тогдашнему Подмосковью действовали еще в советское время (например, по реке Десне, по реке Моче, по реке Пахре) [Шеповалов, 1960] и могут работать и сейчас. При активном развитии транспорта есть перспективы развития маршрутов 1–2 дней, туризма выходного дня (спортивного, промыслового, познавательного и т. д.).

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы изучена территория ТиНАО – самой обширной территории Новой Москвы, градостроительные планы и особенности развития этой территории. Составлена комплексная карта ТиНАО, на которой отражены населенные пункты, подразделенные по количеству населения, административные центры поселений, транспорт, основные направления градостроительного развития, территории первоочередной застройки и точки экономического роста. Карта может применяться в управлении территориями, москвоведении, обучении и научно-практической деятельности.

В процессе работы изучены экологические проблемы ТиНАО и кратко рассмотрены особенности природного и культурного наследия, определены пути дальнейшего более подробного изучения и картографирования Новой Москвы.

Необходимо такое планирование развития территорий, которое позволит сохранить для будущих поколений объекты природного и культурного наследия, краснокнижные виды растений и животных и существующие природные и культурные ландшафты. Экологические проблемы не должны быть усугублены с развитием ТиНАО как части Московской агломерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кочуров Б.И., Ивашкина И.В.* Перспективные направления развития Москвы: от урбоэкодиагностики до экологических градостроительных структур // Рациональное природопользование: традиции и инновации: Материалы Междунар. научно-практич. конф. М., МГУ, 23–24 ноября 2012 г. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. С. 71–73.
2. *Лаппо Г.М.* География городов: Учебное пособие для геогр. ф-тов вузов. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997. 480 с.
3. *Махрова А.Г., Нефёдова Т.Г., Трейвиш А.И.* Новая Москва в контексте развития Московской агломерации // Геоэкологические проблемы Новой Москвы. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 18–27.
4. Москва и Московская область. Масштаб 1 : 350 000 / Общегеографические карты Российской Федерации. М.: МАГП, Роскартография, 1996. 2 печ. л.
5. Москва современная с новыми территориями. Москва – 1 : 44 000. Новые территории – 1 : 90 000. М.: ООО «Атлас Принт», 2016. 2 печ. л.
6. Московская область. Атлас. М.: ООО «Феория», 2005. 839 с.

7. Новая Москва. Присоединенные территории. Достопримечательности. Путеводитель + карта (масштаб 1 : 140 000). М.: ООО «Руз Ко», 2017–2018. 1 печ. л.
8. *Тихонова Е.В., Кугай П.А.* Памятник природы Черноольховый лес в Новой Москве. Разрушение исторического заповедника // Экологический атлас России. М.: ООО «Феория», 2017. С. 474–475.
9. *Тишков А.А.* Стратегические ресурсы развития Московской агломерации, включая новые территории Москвы // Стратегические ресурсы и условия развития Российской Федерации и ее регионов. Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН. № 13. 2012–2014 гг. М.: Ин-т географии РАН, 2014. С. 134–143.
10. *Тишков А.А.* Эколого-географические ограничения развития территории Новой Москвы // Геоэкологические проблемы Новой Москвы. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 6–13.
11. *Шеповалов Т.И.* По рекам и озерам Подмосковья. Пешеходные туристские маршруты. М.: Московский рабочий, 1960. 488 с.
12. *Яблоков В.А.* Природно-экологический каркас Москвы. Структура и динамика // Экологический атлас России. М.: ООО «Феория», 2017. С. 464–457.

REFERENCES

1. *Kochurov B.I., Ivashkina I.V.* Perspective directions of development of Moscow: from urban eco-diagnostics to ecological town-planning structures. Rational nature management: traditions and innovations. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Moscow, MSU, 23–24 November 2012. M.: Publishing house of Moscow University, 2013. P. 71–73 (in Russian).
2. *Lappo G.M.* Geography of cities: Tutorial for geogr. faculties of universities. M.: Humanitarian publishing center VLADOS, 1997. 480 p. (in Russian).
3. *Makhrova A.G., Nefyodova T.G., Trejvish A.I.* New Moscow in the context of the development of the Moscow agglomeration. Geoecological problems of New Moscow. M.: Media-PRESS, 2013. P. 18–27 (in Russian).
4. Modern Moscow with new territories. Moscow – 1 : 44 000. New territories – 1 : 90 000. M.: OOO "Atlas Print", 2016. 2 print. sh. (in Russian).
5. Moscow and Moscow region. Scale 1 : 350 000. General geographic maps of the Russian Federation. M.: MAGP, Roskartografiya, 1996. 2 print. sh. (in Russian).
6. Moscow region. Atlas. Atlas. M.: OOO "Feoriya", 2005. 839 p. (in Russian).
7. New Moscow. The adjoining territories. Sights. Guide + map (scale 1 : 140 000). M.: OOO "Ruz Ko", 2017–18. 1 print. sh. (in Russian).
8. *Shepovalov T.I.* By rivers and lakes of Moscow region. Pedestrian tourist routes. M.: Moskovskij rabochij (Moscow worker), 1960. 488 p. (in Russian).
9. *Tikhonova E.V., Kugaj P.A.* Natural monument Black alder Forest in the New Moscow. Destruction of the historical reserve. Ecological atlas of Russia. M.: OOO "Feoriya", 2017. P. 474–475 (in Russian).
10. *Tishkov A.A.* Ecological and geographical restrictions on the development of the territory of New Moscow. Geoecological problems of New Moscow. M.: Media-PRESS, 2013. P. 6–13 (in Russian).
11. *Tishkov A.A.* Strategic resources for the development of the Moscow agglomeration, including new territories of Moscow. Strategic resources and conditions for the development of the Russian Federation and its regions. Brief results of the implementation of the Program of Fundamental Research of the Department of Earth Sciences of the Russian Academy of Sciences. No 13. 2012–2014. M.: Institute of Geography of RAS, 2014. P. 134–143 (in Russian).
12. *Yablokov V.A.* Natural and ecological framework of Moscow. Structure and dynamics. Ecological atlas of Russia. M.: OOO "Feoriya", 2017. P. 464–457 (in Russian).

УДК 003.62+912.64+004.93+535.39(81)

Черкасов А.А.[1]

ГИС-МОНИТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭТНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ В РОССИИ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены концептуальные подходы и методы организации геоинформационной системы в рамках проекта «Полимасштабный геоинформационный мониторинг трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России». Автор активно применяет международный опыт планирования и организации ГИС систем для мониторинга социально-экономических, этнодемографических процессов, в том числе внедряет методику поэтапного процесса создания ГИС проекта. Автор в работе предлагает семь этапов планирования ГИС, начиная с этапов по стратегическому планированию, постановке ключевых задач и приоритетов, выбору программных продуктов, обсуждению будущей системы с профессиональным сообществом и потенциальными пользователями и завершая этапами создания и апробирования геоинформационной системы. Ключевое место при планировании системы занимает концептуальная схема, которая позволяет показать процесс ГИС.

Также в статье представлены отдельные научные результаты, полученные при работе с ГИС. В частности, представлена типология регионов России по характеру формирования этнической структуры городского населения, что достаточно важно при выявлении региональных особенностей формирования этнической структуры населения. В качестве примера представлен картографический сюжет, позволяющий оценить географию расселения народов Центральной Азии (таджики, узбеки, киргизы), активно мигрирующих в Россию на современном этапе. Представлены и возможности ГИС при анализе динамики географии расселения отдельных этносов, в том числе с использованием центрографического метода. Данный метод позволяет выявить во временной ретроспективе народы с разной интенсивностью смены географии расселения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационные технологии, этническая структура населения, городское и сельское население.

Aleksandr A. Cherkasov[2]

GIS-MONITORING OF TRANSFORMATION OF THE ETHNIC STRUCTURE OF POPULATION OF CITY AND RURAL LOCATION IN RUSSIA

ABSTRACT

The article presents conceptual approaches and methods of organization of the geoinformation system within the framework of the project "Poly-scale geoinformation monitoring of the transformation of the ethnic structure of the population of urban and rural areas

[1] Северо-Кавказский федеральный университет, каф. социально-экономической географии, геоинформатики и туризма, ул. Пушкина 1, 355000, Ставрополь, Россия, доцент, к.г.н., *e-mail*: **cherkasov_stav@mail.ru**

[2] North-Caucasian Federal University, Department of Socio-Economic Geography, Geoinformatics and Tourism, Pushkina str., 1, 355000, Stavropol, Russia, *e-mail*: **cherkasov_stav@mail.ru**

in Russia". The author actively applies international experience in planning and organization of GIS systems for monitoring socio-economic, ethno-demographic processes, including implementing the methodology for the step-by-step process of creating a GIS project. The author offers seven stages of GIS planning, starting from the stages of strategic planning and setting of key tasks and priorities, selecting software products, discussing the future system with the professional community and potential users, and completing the stages of creating and testing the geoinformation system. The key place is taken by the conceptual scheme, which allows to show the process of creating a system of geoinformation monitoring.

Also, the article presents some scientific results obtained with GIS. In particular, the typology of the regions of Russia is presented in terms of the nature of the formation of the ethnic structure of the urban population, which is important when identifying regional features of the population structure. As an example, a cartographic plot is presented, which makes it possible to assess the geographical distribution of the peoples of Central Asia (Tajiks, Uzbeks, Kirghiz) who are actively migrating to Russia at the present stage. Presented are the possibilities of GIS in analyzing the dynamics of the geography of the settlement of individual ethnic groups, including using the centrographic method. This method makes it possible to identify in a temporary retrospective the peoples with different intensity of change in the geography of settlement.

KEYWORDS: geoinformation technologies, ethnic structure, urban and rural population.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в отечественной науке интерес к изучению этнической структуры населения в России обусловлен рядом факторов. Во-первых, Россия является многонациональной страной, где выделяются как обширные малозаселенные ареалы проживания малых народов Севера и Дальнего Востока, так и районы концентрации представителей различных этносов – Юг Сибири, Поволжье, Северный Кавказ. Во-вторых, современные миграционные процессы меняют этническую структуру населения регионов России, влияют на изменение географии расселения отдельных народов. В-третьих, как показывает практика, высокая скорость трансформации этнической структуры населения может приводить к нарастанию межнациональной напряженности в отдельных регионах страны.

В этой связи получение новых знаний о пространственно-временных особенностях трансформации этнической структуры населения в России, в том числе в разрезе городской и сельской местности, является необходимым условием изучения территориальной организации общества. Помимо этого, комплексный анализ этнической структуры населения актуализирует гуманитарные, социологические и социогеографические исследования в нашей многонациональной стране.

Как показывает международный опыт, наибольший эффект накопления новых знаний о пространственно-временных процессах достигается при использовании геоинформационных методов и подходов, которые позволяют детально структурировать пространственную статистику на всех масштабных уровнях, в том числе с учетом административно-территориального устройства стран и регионов [Панин и др., 2017]. Картографический инструментарий ГИС позволят достаточно быстро визуализировать исследуемые процессы, готовить ГИС-модели, карты, схемы. Такой подход дает возможность «синтезировать» процесс исследования и получать качественно новые знания. В этой связи использование геоинформационных технологий для анализа трансформаций этнической структуры населения в разрезе городской и сельской местности на разных масштабных уровнях представляется важным и неоспоримым.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На протяжении ряда лет автор достаточно активно занимается исследованием изменений этнической структуры населения в России на межрегиональном и региональном уровне, в том числе применяя геоинформационные и картографические подходы. Важным условием качественного проведения исследований является правильно спланированная географическая информационная система. Автор обращается к международной практике организации и внедрению ГИС, в том числе методике поэтапного планирования ГИС, предложенной Роджером Томлинсоном [Tomlinson, 2003].

Геоинформационный метод является базовым. В качестве основной программной платформы ГИС-мониторинга трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России использованы функционал и инструменты, предлагаемые ArcGIS Spatial Analyst фирмы ESRI.

Статистический метод исследования также является ключевым. Так, для организации базы данных ГИС в качестве исходных статистических материалов, характеризующих этническую структуру населения, используются данные национальных переписей населения, в том числе Всесоюзной 1970, 1979, 1989 гг. и Всероссийской 2002 и 2010 гг. Данные национальных переписей населения по сути единственные комплексные источники информации об этнической структуре населения России, работа с которыми позволяет исследовать трансформационные процессы. При моделировании и картографировании этнических процессов также использовались такие методы, как картографический, типологический, центрографического моделирования, точечный способ и другие [Gusein-Zade, Tikunov, 2015].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка ГИС-мониторинга трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России проводилась поэтапно. *Первый этап* включал обсуждение стратегических целей создания ГИС, определение ее структуры и набора выполняемых функций. Главная цель создаваемой системы – обеспечить возможность проведения сравнительного анализа этнической структуры населения, в том числе в городской и сельской местности в России во второй половине XX – начале XIX вв.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие базовые требования к ГИС:

– способность накапливать, обновлять и систематизировать актуальную информацию об этнической структуре населения России;

– способность обеспечивать надежное хранение пространственных данных;

– способность обеспечить оперативный анализ больших массивов пространственной информации;

– способность обеспечивать аналитическую деятельность, в том числе посредством построения картографических и различных графических моделей.

На втором этапе была осуществлена разработка стратегии планирования и функционирования ГИС. Основным результатом явилась концептуальная схема «ГИС-мониторинг трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России», выполненная в виде функционально-холистической модели. Модель отражает способы и формы хранения всего разнообразия входных пространственных данных с логически привязанной атрибутивной информацией в оригинальной базе данных [Тикунов и др., 2015]. Важным обстоятельством функционирования картографической базы данных является обеспечение возможности реализации полимасштабного подхода – выполнение картографирования на разных пространственных уровнях (рис. 1).

Рис. 1. Концептуальная схема ГИС
Fig. 1. GIS conceptual Framework

На данном этапе были определены формы получения итоговых и отчетных материалов, в том числе:

– формирование тематического атласа;

– создание атласной информационной системы (АИС);

– предусмотрено создание геопортала с возможностью справочно-статистического обзора.

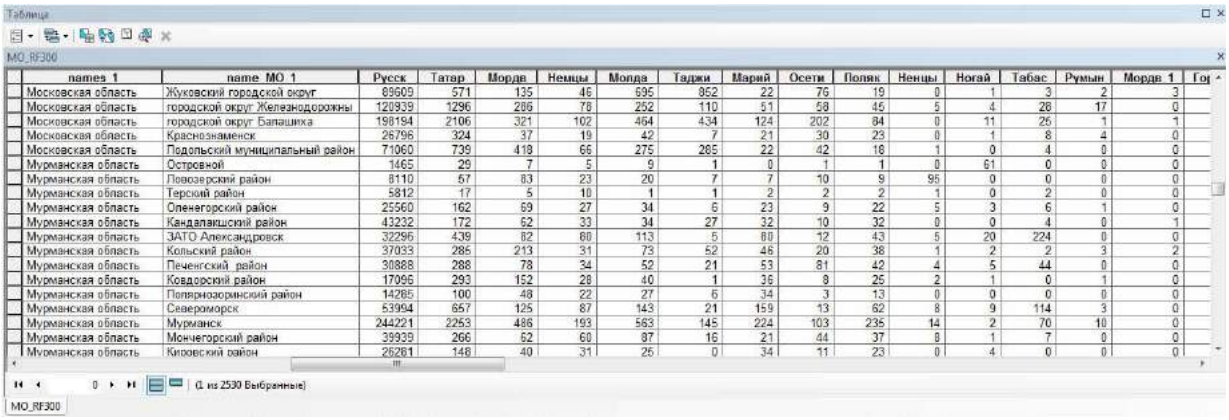
Также был определен круг пользователей (клиентов) создаваемой ГИС.

На третьем этапе организовано обсуждение технологических особенностей организации ГИС с определением функционала, который должен предоставлять система геоинформационного мониторинга. Обсуждение проводилось в формате Форсайт сессии, что

позволило всесторонне подойти к обсуждению проблем. Круг участников составили непосредственно исполнители проекта, представители профессионального сообщества (геоинформатики, специалисты в области информационных систем), потенциального круга пользователей ГИС (специалисты-исследователи, занимающиеся проблемами народонаселения и этнодемографическими процессами, студенты и другие заинтересованные лица). В рамках обсуждения были уточнены потребности перспективных пользователей ГИС, а также выявлены недочеты и выработаны предложения по совершенствованию системы мониторинга.

На четвертом этапе было определено использование базового программного обеспечения. Была выбрана программная платформа ArcGIS Spatial Analyst фирмы ESRI [Белозеров и др. 2015]. Ключевыми компонентами данной ГИС являются: инструменты для ввода и оперирования географической информацией; система управления базой данных (DBMS или СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам [Андрианов, 2011].

На пятом этапе была прописана структура формирования баз данных. Ключевым требованием к организации баз данных явилась возможность их адекватного использования на разных пространственных уровнях [Лурье, Самсонов, 2010]. Отдельное внимание уделено единообразию организации и хранения данных, возможности обмена данными между базовой ГИС и дополнительными модулями. На данном этапе была подготовлена матрица данных, позволяющая унифицировать информацию об этнических процессах, в частности учитывающая административно-территориальное устройство России, в том числе в разрезе городской и сельской местности [Шаши, Санжей, 2014]. Проработаны механизмы и правила инвентаризации статистической информации, с учетом различных подходов при проведении переписей населения в советский и постсоветский период, а также изменений административно-территориального устройства отдельных регионов и муниципальных районов [Белозеров и др., 2016]. В последующем база данных была сформирована в соответствии с представленным планом (рис. 2).



Таблица

MO_RF300

names_1	name_MO_1	Русск	Татар	Морда	Немцы	Молда	Таджи	Марий	Осети	Поляк	Ненцы	Ногай	Табас	Румын	Морда_1	Гор
Московская область	Жуковский городской округ	89609	571	135	46	695	852	22	76	19	0	1	3	2	3	
Московская область	городской округ Железнодорожны	120939	1296	286	78	252	110	51	58	45	5	4	26	17	0	
Московская область	городской округ Балашиха	198194	2106	321	102	464	434	124	202	84	0	11	26	1	1	
Московская область	Краснознаменск	26796	324	37	19	42	7	21	30	23	0	1	8	4	0	
Московская область	Подольский муниципальный район	71060	739	418	66	275	285	22	42	18	1	0	4	0	0	
Мурманская область	Островной	1465	29	7	5	9	1	0	1	1	0	61	0	0	0	
Мурманская область	Ловозерский район	8110	57	83	23	20	7	7	10	9	95	0	0	0	0	
Мурманская область	Терский район	5812	17	5	10	1	1	2	2	2	1	0	2	0	0	
Мурманская область	Оленегорский район	25560	162	69	27	34	6	23	9	22	5	3	6	1	0	
Мурманская область	Кандалакшский район	43232	172	62	33	34	27	32	10	32	0	0	4	0	1	
Мурманская область	ЗАТО Александровск	32296	439	82	60	113	5	80	12	43	5	20	224	0	0	
Мурманская область	Кольский район	37033	286	213	31	73	52	46	20	38	1	2	2	3	2	
Мурманская область	Печенгский район	30888	288	78	34	52	21	53	81	42	4	5	44	0	0	
Мурманская область	Ковдорский район	17096	293	152	28	40	1	36	8	25	2	1	0	1	0	
Мурманская область	Полярнозоринский район	14285	100	48	22	27	6	34	3	13	0	0	0	0	0	
Мурманская область	Североморск	53994	657	125	87	143	21	159	13	62	8	9	114	3	0	
Мурманская область	Мурманск	244221	2253	486	193	563	145	224	103	236	14	2	70	10	0	
Мурманская область	Мончегорский район	39939	266	62	60	87	16	21	44	37	8	1	7	0	0	
Мурманская область	Кировский район	26281	148	40	31	25	0	34	11	23	0	4	0	0	0	

(1 из 2530 Выбранные)

MO_RF300

Рис. 2. Фрагмент базы данных ГИС (этническая структура населения России на уровне муниципальных районов и городских округов)
Fig. 2. A fragment of the GIS database (the ethnic structure of the population of Russia at the level of municipal districts and urban districts)

Здесь же было определено, что картографическая основа будет представлена в классическом виде, содержать субъекты Российской Федерации (на 1 января 2017 г.), а также сеть муниципальных районов и городских округов (на 1 января 2010 г., в связи с пред-

ставлением статистической информации). Отдельным слоем выделены города с учетом их ранжирования по численности населения.

На шестом этапе были прописаны требования к получаемым продуктам, визуализации итоговой информации. Составлен расширенный реестр возможных картографических и графических материалов, определены наиболее эффективные способы и методы математико-картографического моделирования. Этап завершается составлением дорожной карты и непосредственного плана создания ГИС.

Седьмой этап включает в себя переход от пошагового планирования к непосредственной разработке ГИС, ее апробации, подготовке геоинформационных моделей, карт, графиков.

В настоящее время выполнен ряд исследовательских задач, в том числе на основе статистического анализа (временной период с 1959 по 2010 г.) подготовлена типология регионов России по характеру формирования этнической структуры городского населения (рис. 3). Данный подход также применен отдельно для сельского населения.

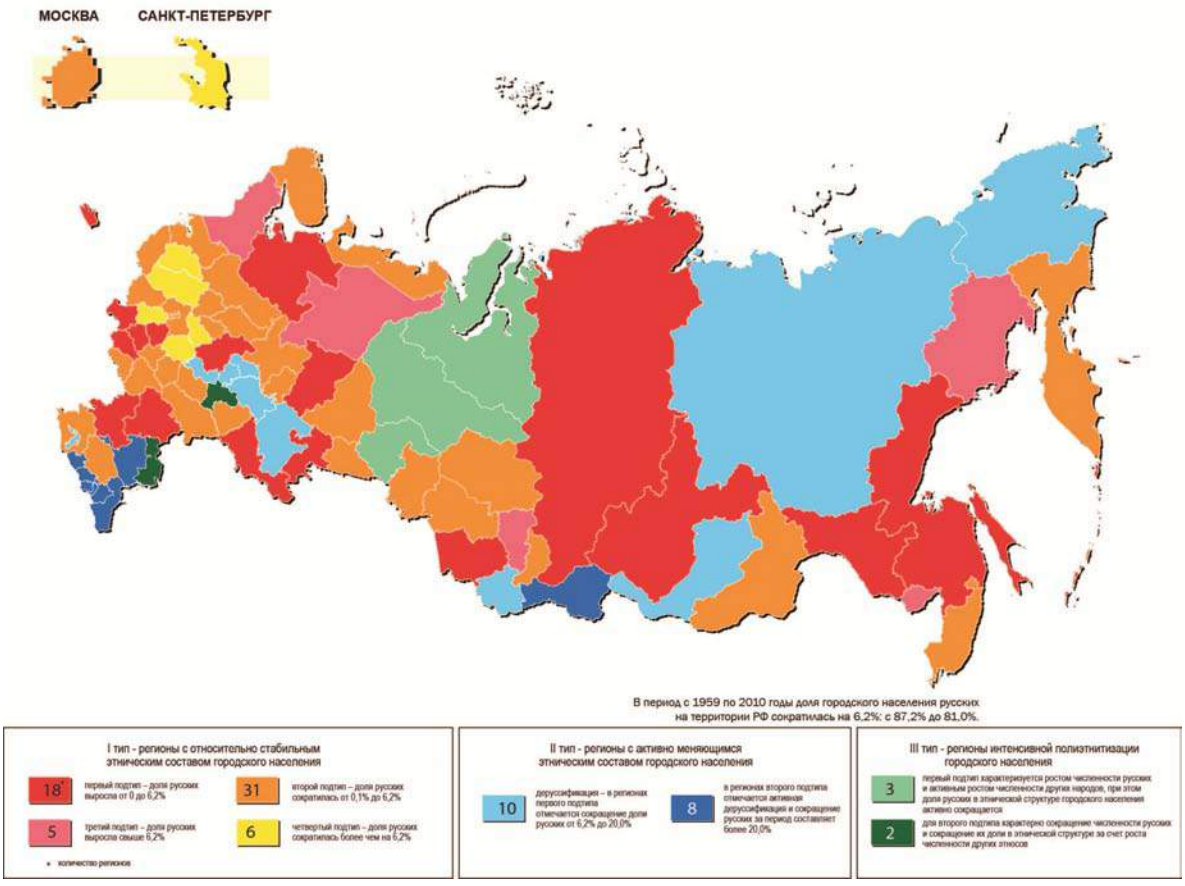


Рис. 3. Типология регионов России по характеру формирования этнической структуры городского населения
Fig. 3. Typology of Russian regions by the nature of the formation of the ethnic structure of the urban population

Первый тип – регионы с относительно стабильным этническим составом городского населения. К нему относится большинство регионов страны – 60. Вместе с тем выявленные особенности формирования этнической структуры городского населения в регионах первого типа позволили выделить четыре подтипа регионов: 1) регионы, в которых

доля русских выросла от 0 до 6,2 %; 2) второй подтип – доля русских сократилась от 0,1 до 6,2 %; 3) третий подтип – доля русских выросла, свыше 6,2 %; 4) четвертый подтип – доля русских сократилась более чем на 6,2 %.

Второй тип – регионы с активно меняющимся этническим составом городского населения; в свою очередь, он разделяется на два подтипа: 1) размеренная дерусификация – в регионах первого подтипа отмечается сокращение доли русских (от 6,2 до 20,0 % за период с 1959 по 2010 г.); 2) в регионах второго подтипа отмечается активная дерусификация, и сокращение русских за период составляет более 20,0 % (преобладает в 18 национально-территориальных образованиях страны).

Третий тип – регионы интенсивной полиэтнитизации, сложился в пяти регионах, которые, в свою очередь, делятся на два подтипа: 1) первый подтип характеризуется ростом численности русских и активным ростом численности других народов, при этом доля русских в этнической структуре городского населения активно сокращается (Тюменская область, Ханты-Мансийский АО, Ямало-Ненецкий АО); 2) для второго подтипа характерно сокращение численности русских и сокращение их доли в этнической структуре за счет роста численности других этносов (Астраханская и Ульяновская область). Данный подход полезен с точки зрения выбора регионов-«ключей», наиболее интересных с точки зрения изучения трансформации этнической структуры населения.

Достаточно активно при картографировании расселения этносов в России нами используется точечный способ. Данный способ позволяет видеть особенности расселения отдельных этносов, определять их ареалы расселения. Весьма наглядная получается картина, если говорить об этносах, которые активно мигрируют на территорию России в последние десятилетия. Так, карта позволяет нам увидеть особенности расселения народов Центральной Азии – таджиков, киргизов, узбеков (рис. 4). География их расселения свидетельствует: ориентируются они преимущественно на урбанизированные территории, регионы активного индустриального развития, а также крупные промышленные центры.

Рис. 4. Расселение таджиков, киргизов и узбеков в России, 2010 г.
Fig. 4. Settling of Tajiks, Kirghiz and Uzbeks in Russia, 2010

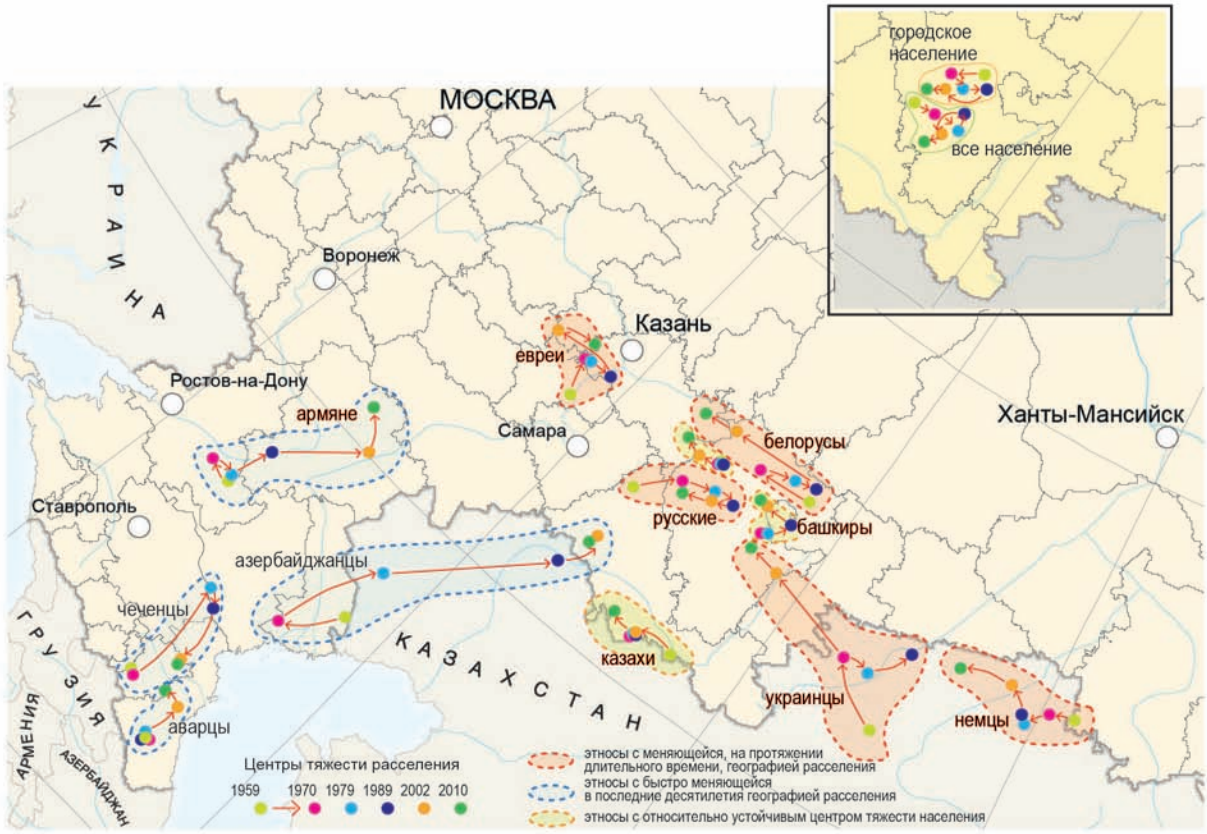


Рис. 5. Центры тяжести расселения этносов в России, 1959–2010 гг.
Fig. 5. Centers of gravity of the resettlement of ethnic groups in Russia, 1959–2010

Предпринята попытка использования центрографического метода при анализе динамики географии расселения отдельных этносов, в исторической ретроспективе это позволило выявлять векторы смещения в расселении этноса, выделить народы с разной интенсивностью смены географии расселения. Так, среди рассматриваемых этносов выделены:

– этносы с меняющейся на протяжении длительного периода времени географией расселения (русские, евреи, белорусы, украинцы, немцы);

– этносы с быстро меняющейся в последние десятилетия географией расселения (аварцы, чеченцы, армяне, азербайджанцы);

– этносы с относительно устойчивым центром тяжести населения (татары, казахи, башкиры) (рис. 5).

ВЫВОДЫ

Предлагаемая поэтапная система планирования в рамках проекта «ГИС-мониторинг трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России» позволяет минимизировать возможные ошибки, а также оптимизировать время и качество работы по успешному ее внедрению в практическую деятельность. Уже сейчас использование данной ГИС позволяет сделать выводы о том, что система пригодна для ведения научно-исследовательских изысканий, направленных на изучение этнической структуры населения городской и сельской местности в России. Применяя различные методы, мы получили возможность провести типологию регионов России по характеру формирования этнической структуры городского населения.

Центрографический метод позволил оценить географический баланс ареала расселения этносов, в частности, у отдельных этносов он относительно стабилен на протяжении длительного времени, у других наблюдается постоянное движение, о чем свидетельствует постоянно изменяющийся центр тяжести населения.

ГИС позволяет получать картографический материал по расселению народов в России, в частности, в качестве примера представлена география расселения народов Центральной Азии, активно мигрирующих в страну на современном этапе и, по сути, только сейчас формирующих свои ареалы расселения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках Гранта РФФИ 18-35-00173 «Полимасштабный геоинформационный мониторинг трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России».

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the RFBR grant 18-35-00173 "Polyscale geoinformation monitoring of the transformation of the ethnic structure of the urban and rural population in Russia".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрианов В.Ю.* Возможности моделирования данных в ГИС: попытка сравнения // ArcReview. 2011. № 1 (56).

2. *Белозеров В.С., Черкасов А.А., Щитова Н.А.* Концепция создания ГИС в рамках проекта «Иностранные мигранты в России …» // Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС–22»; Т. 1. Протвино, 2016. С. 392–397.

3. *Лурье И.К., Самсонов Т.Е.* Структура и содержание базы пространственных данных для мультимасштабного картографирования // Геодезия и картография. 2010. № 11. С. 17–23.

4. *Панин А.Н., Черкасов А.А., Черешня О.Ю.* Геоинформационное обеспечение мониторинга межнациональных отношений в России // Вестник Моск. ун-та. Серия 5: География. 2017. № 6. С. 38–43.

5. *Тикунов В.С., Белозеров В.С., Щитова Н.А., Панин А.Н., Черкасов А.А*. Геоинформационный мониторинг: инструмент пространственно-временного анализа миграции населения // Вестник Моск. ун-та. Серия 5: География. М., 2015. № 2. С. 33–39.

6. *Шаши Ш., Санжей Ч.* Основы пространственных баз данных. М.: Кудиц-образ, 2004. 330 с.

7. *Gusein-Zade S.M., Tikunov V.S.* Visualisation in non-Euclidean metrics. Chinse University of Hong Kong. Hong Kong , 2015. 213 p.

8. *Tomlinson R.* Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. Redlands; California: ESRI Press, 2003. 325 p.

REFERENCES

1. *Andrianov V.Yu.* Possibilities of data modeling in GIS: attempt of comparison. V.Yu. Andrianov. ArcReview. 2011. No 1 (56) (in Russian).

2. *Belozerov V.S., Cherkasov A A., Shchitova N.A.* Concept of GIS creation within the framework of the project "Foreign migrants in Russia ... ". Geoinformation support of sustainable development of territories in the context of global climate change: materials of the international conference InterCarto/InterGIS-22; 1. Protvino, 2016. P. 392–397 (in Russian).

3. *Gusein-Zade S.M., Tikunov V.S.* Visualisation in non-Euclidean metrics. Chinse University of Hong Kong. Hong Kong, 2015. 213 p.
4. *Lurie I.K., Samsonov T.E.* Structure and content of the spatial data base for multiscale mapping. Geodesy and cartography. 2010. No 11. P. 17–23 (in Russian).
5. *Panin A.N., Cherkasov A.A., Chereshnya O.Yu.* Geoinformation support of monitoring of interethnic relations in Russia. Vestnik of Moscow University, Series 5, Geography, 2017. No 6. P. 38–43 (in Russian).
6. *Shashi Sh., Sanzhey Ch.* Osnovy prostranstvennykh baz dannykh [Fundamentals of spatial databases], Moscow: Kudits-obraz, 2004, 330 p. (in Russian).
7. *Tikunov V.S., Belozerov, V.S., Shitova N.A. Panin A.N., Cherkasov A.A.* Geoinformational monitoring: a tool for spatial-temporal analysis of migration of population. Bulletin of Moscow University, Series 5, Geography, No 2. M., 2015. P. 33–39 (in Russian).
8. *Tomlinson R.* Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. Redlands; California: ESRI Press, 2003. 325 p.

УДК 574.614.1:502.22

Архипова О.Е.[1], Черногубова Е.А.[2], Лихтанская Н.В.[3]

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

Принципы разработки систем регионального медико-экологического мониторинга с применением геоинформационных технологий базируются прежде всего на трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области мониторинга окружающей среды, урбоэкологии, экогеохимии и биоиндикации городских ландшафтов, а также оценки экологического риска для здоровья населения и технологий геоэкологического и геоинформационного картографирования, апробированных в различных регионах России, США и других странах мира.

Предложенный авторами метод оценки и прогнозирования медико-экологической обстановки на различных территориальных уровнях базируется на сочетании традиционных методов исследования онкологической заболеваемости и использовании геоинформационных технологий на базе современного программного обеспечения ArcGis Desktop*.

Особенностью предлагаемой методологии является то, что для оценки «здоровья среды» используются не только экосистемные и популяционные показатели как таковые, но и индикаторные показатели состояния различных депонирующих сред и живых организмов.

Анализировались статистические данные по экологическим показателям в городских и муниципальных округах Ростовской области, полученные в результате социально-гигиенического мониторинга атмосферного воздуха, уличного шума, питьевой воды, почвы, а также данные о первичной онкологической заболеваемости раком в районах и городах Ростовской области за 2001–2016 гг., предоставленные Ростовским онкологическим диспансером и Центром гигиены и эпидемиологии в Ростовской области.

Задачей исследования является проведение анализа исторического ряда наблюдений для оценивания вероятности повторения тех или иных значений выбранных переменных.

Результатом расчета является интегральная карта медико-экологической безопасности Ростовской области.

В ходе исследования было установлено, что, несмотря на сложный, опосредованный и инерционный характер воздействия качества окружающей среды на показатели здоровья, внутрирегиональная дифференциация уровня первичной выявляемости онкологических заболеваний в значительной степени соответствует пространственному распределению показателей медико-экологической безопасности.

Применяемые технологии позволят оптимизировать процесс управления медицинской помощью больным со злокачественными новообразованиями на основе идентификации территорий и групп риска по онкологической патологии, обосновать принципы формирования региональных программ снижения смертности от злокачественных новообразований.

---

[1] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* **arkhipova@ssc-ras.ru**

[2] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* **eachernogubova@mail.ru**

[3] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail*: **natalikht@gmail.com**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медико-экологический мониторинг, геоинформационное моделирование, медико-экологическая безопасность, онкологические заболевания, индикаторные показатели состояния.

Olga E. Arkhipova[1], Elena A. Chernogubova[2], Natalia V. Likhtanskaya[3]

SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF THE INCIDENCE OF CANCER DISEASES CASE STUDY OF SOUTHERN REGIONS OF RUSSIAN FEDERATION

ABSTRACT

The principles of developing regional medical and environmental monitoring systems using geoinformation technologies are based primarily on the works of leading domestic and foreign scientists in the field of environmental monitoring, urban ecology, ecogeochemistry and bioindication of urban landscapes, as well as environmental risk assessment for public health and geoecological and geoinformation cartography, tested in various regions of Russia, the United States and other countries of the world.

The method proposed by the authors for assessing and predicting the medical and environmental situation at various territorial levels is based on a combination of traditional methods of research of oncological morbidity and the use of geoinformation technologies on the basis of modern software ArcGis Desktop*.

The peculiarity of the proposed methodology is that not only ecosystem and population indices are used to assess "health of the environment", but also indicator indicators of the state of various depositing media and living organisms.

The statistical data on environmental indicators in urban and municipal districts of the Rostov region, obtained as a result of social and hygienic monitoring of atmospheric air, street noise, drinking water, soil, as well as data on the primary oncological morbidity in the regions and cities of the Rostov Region for 2001–2016 were analyzed, provided by the Rostov Oncological Dispensary and the Center of Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region

The task of the study is to analyze the historical series of observations to assess the probability of repetition of certain values of the selected variables.

The result of the calculation is the integral map of medical and ecological safety of the Rostov region.

The study found that, despite the complex, mediated and inertial nature of the impact of environmental quality on health indicators, within, the regional differentiation of the level of primary detection of oncological diseases largely corresponds to the spatial distribution of indicators of medical and environmental safety.

Applied technologies will allow to optimize the management of medical care for patients with malignant neoplasms based on the identification of territories and risk groups for oncological pathology, to justify the principles of the formation of regional programs to reduce mortality from malignant neoplasms.

---

[1] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* **arkhipova@ssc-ras.ru**

[2] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* **eachernogubova@mail.ru**

[3] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* **natalikht@gmail.com**

KEYWORDS: medical-ecological monitoring, geoinformation modeling, medical and health safety, cancer diseases, state indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Двадцать первый век выдвигает много вызовов в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и вместе с тем предоставляет новые возможности для преодоления угроз безопасности и здоровью граждан. Для дальнейшего развития сложившейся к настоящему времени социально-экономической системы в России необходимо установление стратегических ориентиров и целей. Эти цели обозначены в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года»[1].

В соответствии с этим документом «стратегической целью является достижение уровня экономического и социального развития, соответствующего статусу России как ведущей мировой державы XXI века, с привлекательным образом жизни, занимающей передовые позиции в глобальной экономической конкуренции и надежно обеспечивающей национальную безопасность и реализацию конституционных прав граждан». Частью этой цели и далеко не последним условием ее успешной реализации является обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения и здоровья граждан России на уровне, соответствующем развитию ведущей мировой державы.

Принципы разработки систем регионального медико-экологического мониторинга с применением геоинформационных технологий базируются прежде всего на трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области мониторинга окружающей среды, урбоэкологии, экогеохимии и биоиндикации городских ландшафтов, а также с учетом оценки экологического риска для здоровья населения и технологий геоэкологического и геоинформационного картографирования [Безуглая, 1991; Захаров, 1993; Экогеохимия…, 1995; Malkhazova, 2014; Касимов, 2016], апробированных в различных регионах России, США и других странах мира.

Особенностью данной методологии является то, что для оценки «здоровья среды» используются не только экосистемные и популяционные показатели как таковые, но и индикаторные показатели состояния различных депонирующих сред и живых организмов. Известно, что уровень популяционного здоровья находится в определенной зависимости от факторов риска, прежде всего от присутствия в среде обитания потенциально опасных химических веществ и от других вредных экологических факторов. Состояние окружающей среды, организмов-биоиндикаторов и здоровье человека, оцененные по различным диагностическим параметрам с использованием альтернативных и взаимодополняющих методов, являются «откликом» на неблагоприятные антропогенные воздействия, т. е. критериями качества или «здоровья среды».

Одним из эффективных методов синтеза разнородных данных является картографический в сочетании с автоматизацией всех этапов работы с информацией. Перечисленным требованиям в настоящее время полностью удовлетворяют географические информационные системы (ГИС). Наиболее популярны в нашей стране такие коммерческие ГИС, как ArcGIS, MapInfo Professional, ГИС Карта. Все большую популярность набирает использование программного обеспечения QGIS, SAGA, GRASS. В рамках применения ГИС для контроля комплексного техногенного воздействия на окружающую среду ведется разработка геоинформационного-аналитических комплексов обеспечения экологическо-

[1] Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. Электронный ресурс: government.ru/info/6217/

го мониторинга отдельных регионов. Наиболее эффективным подходом для интеграции данных различных природоохранных и медицинских ведомств является создание единой программно-информационной среды на основе геоинформационных технологий.

Примеры подобного подхода к решению этой проблемы в рамках регионов и отдельных субъектов РФ приводятся, например, Н.О. Гусейновой, А.А. Тигеевым, С.Ф. Мазуровым [Гусейнова, 2008; Тигеев, 2009; Мазуров, 2012]. Возможность обработки и картографической визуализации большого объема экологических данных по территориям крупных урбанизированных регионов делает применение ГИС весьма эффективным инструментом обеспечения мониторинга здоровья населения с учетом воздействия на него факторов экологического риска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика разработки прототипа геоинформационной системы представляет собой систему последовательных процедур (методов и операций), структура которых подчинена принятой технологии. Задание методики означает описание в виде единой нормативной модели процесса создания ГИС и ее информационно-программной технической базы. Базовым компонентом геоинформационной модели (ГИС) являются географические или пространственные данные, представленные в виде цифровых данных о пространственных объектах и включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. Основные пространственные слои – базовая карта территории, характеризующая гидрографию, рельеф, растительность и административное деление территории, а также тематические аналитические карты по выбранным факторам. Геоинформационная модель превращает сложный процесс оценки данных в наглядный процесс принятия решений.

Математико-картографическая модель оценки и прогнозирования медико-экологической обстановки региона представляет собой интерактивную среду, состоящую из геоинформационной системы, реализованной в виде проекта ArcGis Desktop, и модельного блока, встроенного в проект, разработанного с использованием модуля визуального программирования Model Builder и языка Phyton. Основное назначение геоинформационной модели – построение аналитических и синтетических карт оценки уровня медико-экологической безопасности региона.

Согласно принципу мультимасштабности и требованию к оценке рисков на разных муниципальных уровнях, систематизация интегральных показателей проводится по принципу административно-территориального деления: субъекты Российской Федерации – районы – урбанизированные (городские) территории. Принцип территориально-административного деления использован в связи с общепринятым видом статистической отчетности и агрегированием информации в рамках административно-территориальных единиц. Согласно принятому подходу, используется также единая картографическая основа для Российской Федерации, что позволяет провести сравнение полученных аналитических и синтетических карт.

Усовершенствованный метод оценки и прогнозирования медико-экологической обстановки на различных территориальных уровнях базируется на сочетании традиционных методов исследования онкологической заболеваемости и использовании геоинформационных технологий на базе современного программного обеспечения ArcGis Desktop*.

Задачей анализа повторяемости является проведение анализа исторического ряда наблюдений за переменными для оценивания вероятности повторения тех или иных значений выбранных переменных. Используемые при анализе данные необходимо оценивать с точки зрения исходных задач, продолжительности и полноты рядов имеющихся наблюдений. Кроме того, они должны удовлетворять таким статистическим критериям, как случайность, независимость, однородность и стационарность. Анализ повторяемости может выполняться с использованием точечных, региональных или обоих видов данных. Он может также вклю-

чать в себя историческую информацию и отражать естественные ограничения. Источниками неопределенности анализа повторяемости могут являться репрезентативность аналитического подхода, выбор вероятностного распределения и метод оценивания параметров.

Тест Манна-Кендалла – это основанная на ранжировании непараметрическая проверка оценивания значимости тренда. Нулевая гипотеза H0 заключается в том, что выборка хронологически упорядочена, независима и однозначно распределена. Статистика S имеет следующий вид [Yue et al., 2002]:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(x_j - x_j),$$

где

$$Sgn(x) = \begin{cases} 1, если\ x > 0 \\ 0, если\ x = 0 \\ -1, если\ x < 0 \end{cases}$$

При n ≥ 40 статистика S – асимптотически нормально распределена со средним 0 и дисперсией, описываемой следующим уравнением:

$$Var(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n-5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)\right],$$

где t – размер данной связанной группы и $\sum_t$ – сумма всех связанных групп в выборке данных. Стандартизованная проверочная статистика K может быть рассчитана с помощью уравнения:

$$K = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, Если\ S > 0 \\ 0 \qquad\quad , Если\ S > 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, Если\ S > 0 \end{cases}$$

Стандартизованная статистика K подчиняется закону стандартного нормального распределения со средним нулевым значением и единичной дисперсией. Значение вероятности P статистики K выборки можно оценить с помощью функции нормального интегрального распределения:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\exists} e^{-t^2/2}\, dt$$

Для независимой выборки данных без тренда значение P должно быть равно 0,5. Для выборки с большим положительным трендом – близким к 1,0; с большим отрицательным трендом значение P – близким к 0,0. Если выборки данных имеют внутрирядную корреляцию, то данные должны быть предварительно «очищены» от нее, и полученная поправка применена для вычисления дисперсии [Yue et al., 2002]. Наклон тренда оценивается следующим образом:

$$\beta = median(\frac{x_i - x_j}{i-j}, \forall j < i,$$

где β – это оценка наклона тренда, x_j – j-тое наблюдение.

При восходящем тренде значение β положительно, при нисходящем – β отрицательно.

Статистика Манна-Кендалла подразумевает ранговый корреляционный анализ количества точек или значений и их временных периодов.

Углубленный анализ пространственно-временных закономерностей содержит статистические инструменты для анализа распределения данных и выявления закономерностей в контексте пространства-времени. Включает группу инструментов для визуализации данных, хранящихся в виде куба Пространство-Время в формате netCDF как в 2D, так и в 3D.

Инструмент Создать куб Пространство-Время на основе набора точечных данных строит трехмерную кубическую структуру (в формате netCDF) для последующего анализа. Инструмент Анализ возникновения горячих точек использует этот куб в качестве входных данных и на основе него выявляет статистически значимые тренды горячих и холодных точек во времени. Инструмент Анализа локальных выбросов в качестве входных данных берет куб, чтобы определить статистически значимые выбросы высоких или низких значений, а также выбросы, имеющие значения, статистически отличные от их окружения во времени и пространстве. Группа инструментов Утилиты обеспечивает возможность визуализации данных и результатов анализа, хранящихся в кубе Пространства-Времени в двух и трех измерениях. Эти инструменты визуализации можно применять для изучения структуры куба, работы процессов агрегации куба и для визуализации аналитических результатов, добавленных в куб другими инструментами Углубленного анализа пространственно-временных закономерностей. Пространственно-временной куб объединяет точечные Входные объекты в группы пространства-времени. Структуру данных можно представить в виде трехмерного куба, который состоит из пространственно-временных бинов, где x,y-измерения представляют пространство, а t-измерение представляет время. Куб Пространство-Время использует точечные объекты с временной меткой и структурирует их в куб формата netCDF, агрегируя точки в бины пространства-времени. Для значений бинов выполняется подсчет количества точек, вычисляется статистика Поля суммирования и определяется наличие трендов во времени в каждом местоположении с использованием статистики Манна-Кенделла. Чаще этот инструмент необходим для создания куба, который будет использован в качестве входных данных для других инструментов анализа пространственно-временных закономерностей, но также можно использовать построенный куб для оценки трендов по временным рядам в области изучения. Структура куба содержит строки, столбцы и временные шаги. Перемножив число строк на число столбцов и на число временных шагов, можно получить суммарное число бинов в кубе. Строки и столбцы определяют пространственный экстент куба, а временные шаги определяют временной экстент[1]. Алгоритм интегрального медико-экологического зонирования включает в себя следующие этапы:

1. Формирование информационного банка данных с дифференциацией по двум основным блокам: «Здоровье», «Среда обитания» с ежегодным пополнением информации по основным показателям;
2. Комплексное ранжирование экологических факторов риска на уровне районов и урбанизированных территорий;
3. Комплексное медико-географическое ранжирование районов и урбанизированных территорий по уровню онкологической заболеваемости как индикатору медико-экологической безопасности;
4. Оценку причинно-следственных связей в системе «среда-здоровье» на основе сочетания методов корреляционно-регрессионного анализа, моделирования и прогнозирования;
5. Интегральное мультимасштабное медико-экологическое зонирование территории.

Математико-картографическая модель состоит из двух основных компонент – модуль подготовки данных и расчетный модуль. Основное назначение модуля подготовки данных – преобразование входной информации в вид, удобный для расчета в основной мо-

[1] ArcGis Help 10.1 Hotspot Analysis (Spatial Statistics) // http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//005p00000010000000]

дели. Расчетный модуль состоит из следующих последовательно выполняемых моделей: «Факторы внешней среды», «Климат», «Факторы антропотехногенной нагрузки», «Оценка уровня онкологических заболеваний», «Статистическая оценка взаимосвязей факторов внешней среды и уровня онкологических заболеваний», «Прогностическая модель медико-экологической безопасности».

Результат работы первого модуля – загруженная в базу данных системы первичная информация по факторам среды, онкологической заболеваемости и нормативная база данных по РФ.

Результат работы второго модуля – карты оценки экологических рисков, построенные на основе показателей комплексной антропотехногенной нагрузки, аналитические карты пространственного распределения частоты заболеваемости анализируемыми видами рака, на основе данных по онкологической заболеваемости населения, полученные на основе Формы № 35, представляемой организационно-методическими отделами онкологических институтов и диспансеров, а также нормативная база данных, построенная на основе статистической отчетности по уровню онкологической заболеваемости в разрезе – РФ и субъект РФ.

В качестве входных данных используются показатели первичной выявляемости онкологических заболеваний четырех нозологических групп: рак легких, рак молочной железы, рак ободочной кишки и предстательной железы; комплексный показатель антропотехногенной нагрузки, комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы и шумовая нагрузка.

Результат – аналитические карты ранжирования на уровне городов и районов, где за анализируемый период времени статистически значимо изменился (или не изменился) уровень заболеваемости раком и уровень антропотехногенной нагрузки.

Подмодель «Расчет индекса медико-экологической безопасности» в качестве критерия типизации районов и городских округов использует индекс медико-экологической безопасности, рассчитанный как средний арифметический ранг из суммы трех интегральных показателей, выраженных в оценочных баллах.

Результатом расчета является интегральная карта медико-экологической безопасности, построенная на основе пространственного сложения карт локальных индексов, классифицированная по следующим градациям:

1. Высокая медико-экологическая безопасность.
2. Средняя медико-экологическая безопасность.
3. Низкая медико-экологическая безопасность.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализировались статистические данные по экологическим показателям в городских и муниципальных округах Ростовской области, полученные в результате социально-гигиенического мониторинга атмосферного воздуха, уличного шума, питьевой воды, почвы, статистические данные о первичной заболеваемости раком легких, раком молочной железы, раком ободочной кишки и предстательной железы в 43 районах и 16 городах Ростовской области за 16 лет, с 2001 по 2016 г., предоставленные Ростовским онкологическим диспансером и Центром гигиены и эпидемиологии в Ростовской области. Поскольку городские и муниципальные округа по численности и плотности населения, размеру территории и ряду других признаков имеют принципиальные различия, данные по городским округам анализировались отдельно от данных по муниципальным округам. Представленные материалы являются продолжением работ, начатых авторами в 2013 г. [Архипова и др., 2014].

Пространственно-временной анализ включал в себя три направления: исследование изменений объектов в пространстве; изучение пространственно-временных закономерностей; пространственно-временной прогноз, который предлагает варианты развития ситуации.

На этапе проведения разведочного анализа данных в результате проверки на нормальность распределений данных по экологическим показателям: Ka – показатель по атмосферному воздуху; Kn – показатель по уличному шуму; Kw – показатель по питьевой воде; Ks – показатель по почве; был сделан вывод о неприменимости к ним параметрических методов статистического анализа.

Все районы и города Ростовской области, в зависимости от числа больных (в пересчете на 100 тыс. населения) в каждом из них, были условно разделены на 3 группы:

1-я группа – города и районы, где число больных не превышает средних показателей по городам и районам Ростовской области – онкогенная ситуация в этих городах и районах названа «фоновой»;

2-я группа – города и районы, в которых число больных превышает средние показатели по городам и районам Ростовской области – города и районы с онкогенной ситуацией «повышенного риска»;

3-я группа – районы, где средний уровень заболеваемости (в пересчете на 100 тыс. населения) ниже средних показателей по городам и районам Ростовской области – группа «минимального риска».

На протяжении последнего десятилетия в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения России рак предстательной железы занимает второе место после опухолей трахеи, бронхов и легкого. Именно по этому показателю в Ростовской области за анализируемый период отмечены самые значительные изменения. В связи с этим анализ заболеваемости раком простаты в 2016 г. и динамики ее изменения с 2001 по 2016 г. приведен как пример ранжирования районов и урбанизированных территорий по уровню онкологической заболеваемости.

Стандартизированный показатель заболеваемости раком предстательной железы в Ростовской области в 2016 г. составил 21,3 случая на 100 тыс. населения.

Необходимо отметить, что по сравнению с 2015 г. этот показатель увеличился на 26,8 %, с 16,8 до 21,3 случая на 100 тыс. населения. Этот высокий «фоновый» уровень заболеваемости раком простаты отмечен в большинстве районов Ростовской области (см. рис. 1). Самая высокая заболеваемость раком предстательной железы в 2016 г. отмечена в Орловском районе – 39,4 случая на 100 тыс. населения, что на 85,0 % ($p < 0,05$) выше, чем в среднем по районам Ростовской области.

Низкая заболеваемость раком предстательной железы по сравнению с «фоновым» уровнем в 2016 г. зарегистрирована в Заветинском, Зимовниковском, Красносулинском, Мартыновском Миллеровском, Мясниковском, Морозовском, Октябрьском и Тацинском районах Ростовской области (см. рис. 1).

Самая высокая заболеваемость раком предстательной железы в 2016 г. среди городов Ростовской области была отмечена в Таганроге – 40,4 случая на 100 тыс. населения, что на 52,5,4 % ($p < 0,05$) выше, чем в среднем среди городского населения Ростовской области. Низкая первичная выявляемость рака простаты отмечена в Гуково, Зверево, Новошахтинске и Шахтах. В остальных городах Ростовской области заболеваемость раком простаты не отличалась от средних показателей среди городского населения – 26,5 случая на 100 тыс. населения.

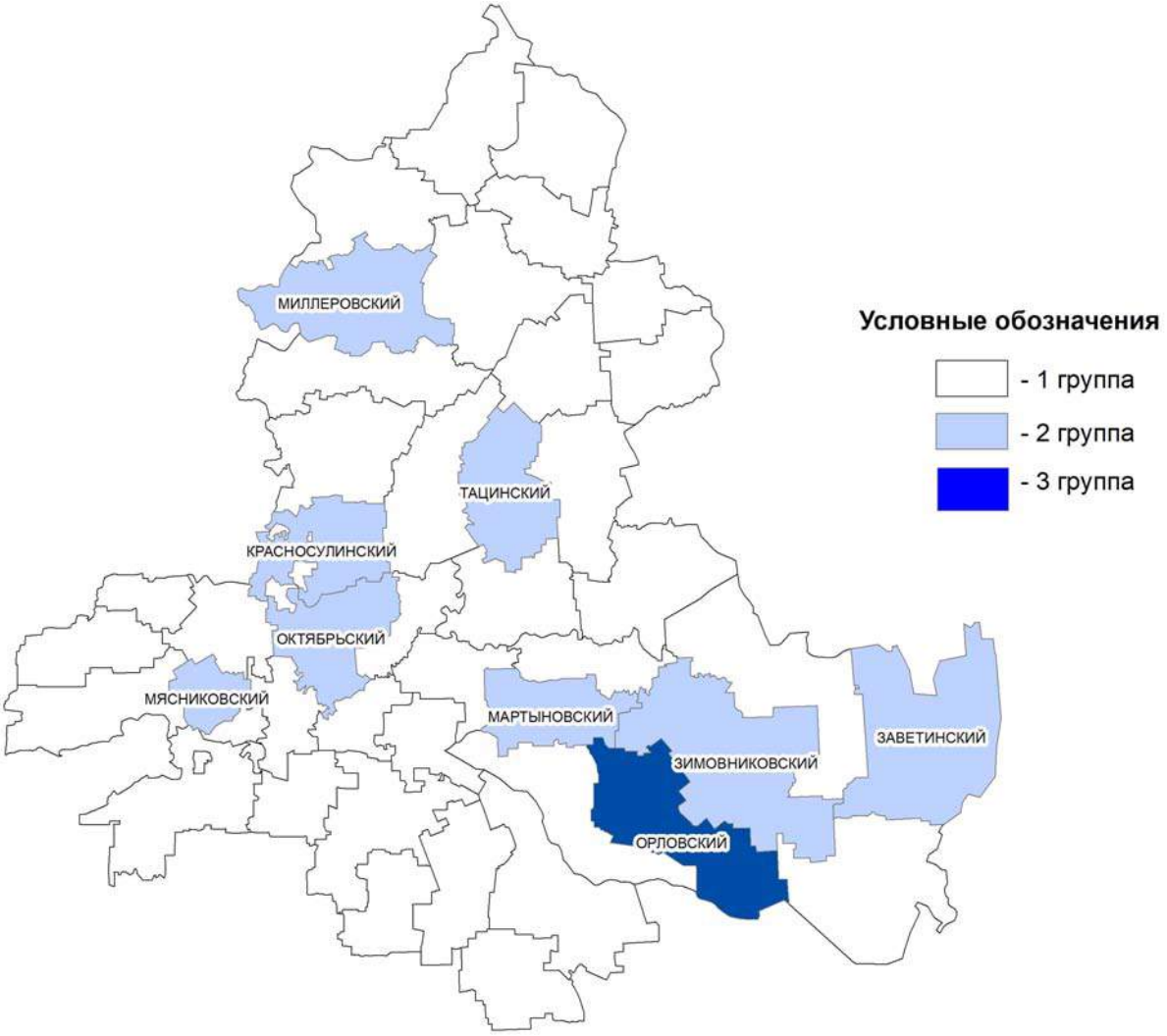


Рис. 1. Заболеваемость раком предстательной железы в Ростовской области в 2016 г.
(1 группа – «фоновая» онкогенная ситуация; 2 группа – онкогенная ситуация «повышенного риска»;
3 группа – группа «минимального риска»)

Fig. 1. The incidence of prostate cancer in the Rostov Region in 2016
(group 1 – background oncogenic situation, group 2 – oncogenic situation of "increased risk",
group 3 – "minimum risk" group)

Ретроспективный анализ заболеваемости отдельными формами рака за длительный период времени позволяет получить наиболее достоверные результаты на данной территории. Проанализирована онкоэпидемиологическая обстановка в городах и районах Ростовской области за 16 лет. «Анализ горячих точек» (Hot-Spot Analysis) заболеваемости раком предстательной железы в Ростовской области позволил выделить пространственные кластеры высоких значений – «горячие точки», где первичная выявляемость рака предстательной железы остается высокой на протяжении всего анализируемого периода, с 2001 по 2016 г. (см. рис. 2).

Ранее проведенные исследования позволили сделать вывод о тесной связи в системе «общественное здоровье–экология» между качеством среды и уровнем заболеваемости населения, что подтверждается результатами экспериментальных исследований, выполненными на территории Ростовской области за период с 2001 по 2012 г. [Архипова и др., 2014].

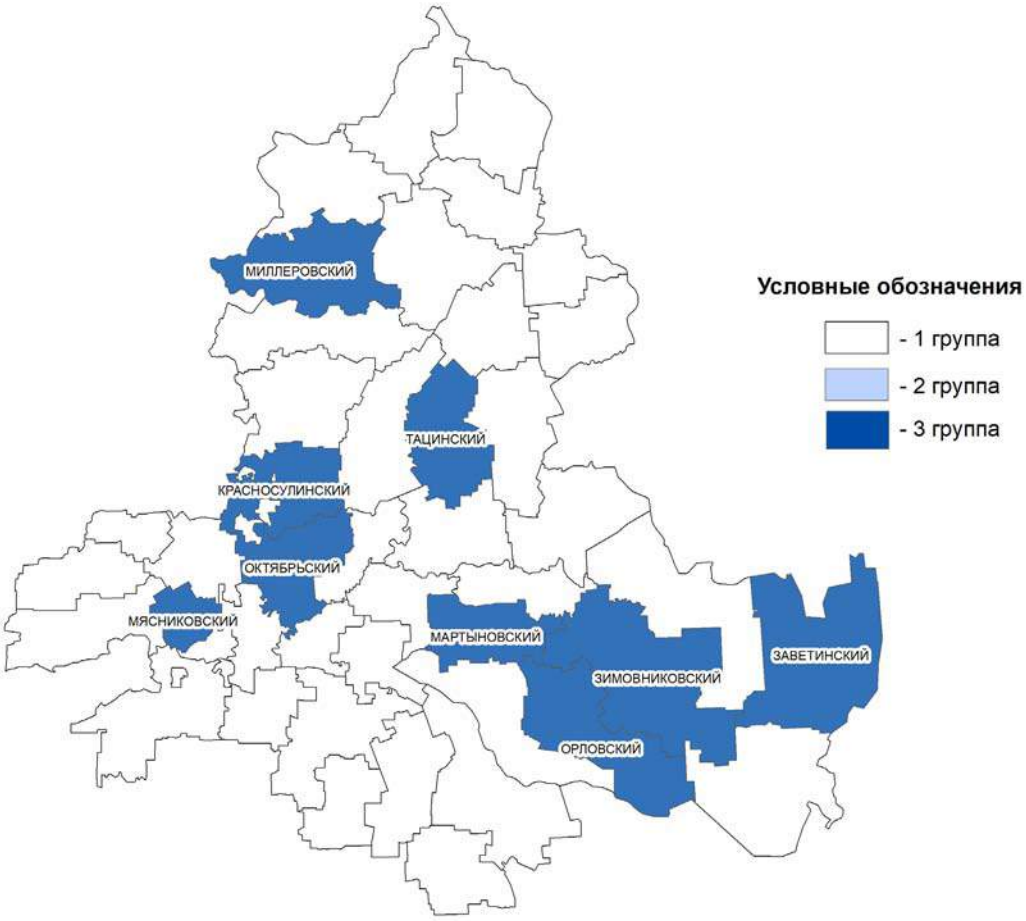


Рис. 2. Динамика заболеваемости раком предстательной железы
в районах Ростовской области с 2001 по 2016 г.
(1 группа – статистически значимо не изменяется ($p > 0,05$);
2 группа – снижается ($p < 0,05$); 3 группа – увеличивается ($p < 0,05$)

Fig. 2. The Dynamics of prostate cancer in areas of Rostov region from 2001 to 2016
(Group 1 – no statistically significant changes ($p > 0,05$);
Group 2 – decreased ($p < 0,05$); Group 3 – increases ($p < 0,05$)

Проведен пространственно-временной анализ медико-экологической безопасности (HES) территорий Ростовской области на основе определения HES по статистически данным за 2001–2012 гг. Комплексный показатель HES учитывает уровень антропогенной нагрузки, состояние природной среды и онкоэпидемиологическую обстановку в данном регионе, что позволяет получить объективную оценку уровня медико-экологической безопасности территорий. Результат расчета – интегральная (синтетическая) карта медико-экологической безопасности, построенная на основе пространственного сложения карт локальных индексов, классифицированная по следующим градациям: высокая медико-экологическая безопасность, средняя медико-экологическая безопасность, низкая медико-экологическая безопасность (см. рис. 3).

С целью анализа прогностического потенциала комплексного показателя медико-экологической безопасности территорий HES была проанализирована динамика заболеваемости раком легких, молочной железы, ободочной кишки и предстательной железы за 2001–2016 гг. в городах и районах Ростовской области с высокой и низкой медико-экологической безопасностью.

Рис. 3. Комплексный показатель медико-экологической безопасности Ростовской области
Fig. 3. A comprehensive index of health and environmental safety of the Rostov region

Так, за период с 2001 по 2016 г. уровень заболеваемости раком всех анализируемых нозологических форм в районах с неблагоприятной медико-экологической обстановкой сохранился на высоком уровне, а в отдельных районах увеличился. Так, в Ремонтненском районе Ростовской области за период с 2001 по 2016 г. заболеваемость раком ободочной кишки увеличилась на 221,2 % ($p < 0,05$) (с 12,0 до 38,6 случая на 100 тыс. населения). За период с 2001 по 2016 г. заболеваемость раком простаты увеличилась в 9,5 ($p < 0,05$) в Морозовском (с 2,4 до 22,8 случая на 100 тыс. населения), в 3,4 раза ($p < 0,05$) в Волгодонском (с 3,4 до 11,7 случая на 100 тыс. населения), в 11,3 раза ($p < 0,05$) в Багаевском (с 2,8 до 31,8 случая на 100 тыс. населения), в 6,6 раза ($p < 0,05$) в Усть-Донецом (с 3,3 до 21,9 случая на 100 тыс. населения) и в 4,2 раза ($p < 0,05$) в Сальском районах (с 3,9 до 16,3 случая на 100 тыс. населения) Ростовской области. Необходимо отметить, что снижения общего количества случаев выявления рака предстательной железы за исследуемый период наблюдения не было отмечено ни в городах, ни в районах Ростовской области.

Самая неблагоприятная медико-экологическая обстановка по результатам анализа HES в городах Ростовской области сложилась в Таганроге. Необходимо отметить, что в 2016 г. в этом городе отмечен высокий уровень заболеваемости всеми анализируемыми формами рака, а заболеваемость раком молочной железы, ободочной кишки и простаты увеличилась.

В районах с высокой медико-экологической безопасностью уровень заболеваемости раком ободочной кишки, молочной железы не изменился, а уровень заболеваемости раком легких даже снизился. Так, за период с 2001 по 2016 г. отмечено снижение первичной выявляемости рака легких в 2,4 раза ($p < 0,05$) в Красносулинском (с 90,9 до 27,3 случая на 100 тыс. населения), в 3,1 раза ($p < 0,05$) в Пролетарском (с 54,0 до 17,2 случая на 100 тыс. населения) и в 2,2 раза ($p < 0,05$) в Песчанокопском (с 91,9 до 41,9 случая на 100 тыс. населения) районах Ростовской области. Нельзя не отметить, что в Советском, Красносулинском и Орловском районах первичная выявляемость рака предстательной железы увеличилась в 2016 г. по сравнению с таковой в 2001 г. на 163,5 % ($p < 0,05$) (с 11,8 до 31,8 случая на 100 тыс. населения), 450,0 % (с 3,8 до 20,9 случая на 100 тыс. населения) и 676,0 % (с 5,0 до 38,8 случая на 100 тыс. населения), соответственно.

Несомненно, что рост первичной выявляемости рака простаты связан с введением мониторинга простатспецифического антигена (ПСА), появлением новых медицинских технологий, однако выявленная территориальная медико-экологическая контрастность (группы районов с различным рейтингом качества среды обитания и общественного здоровья), территориальная неоднородность заболеваемости РПЖ свидетельствуют о тесной связи уровня заболеваемости РПЖ и уровня медико-экологической безопасности [Архипова и др., 2016].

ВЫВОДЫ

Региональный мониторинг воздействия вредных факторов среды обитания на здоровье населения (медико-экологический мониторинг) – важнейший аспект деятельности региональных природоохранных ведомств. Эффективность создания подобных систем мониторинга значительно повышается на базе применения современных геоинформационных технологий, обеспечивающих достаточный набор инструментов для сбора, анализа информации, составления прогнозов и принятия на их основе управленческих решений для минимизации экологического риска для здоровья населения. Методология создания региональных систем медико-экологического мониторинга базируется на современных подходах к оценке риска для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания, реализованных с применением геоинформационных технологий и вероятностно-статистических многокритериальных оценок для выявления причинно-следственных связей в системе «факторы окружающей среды – здоровье населения».

В основе предложенного анализа лежит оценка встречаемости онкологических заболеваний как индикаторов воздействия на население природных, социально-экономических и техногенных изменений окружающей среды с использованием геоинформационных технологий. В выявлении причинно-следственных связей между заболеваемостью населения и факторами окружающей среды использованы методы математико-статистического моделирования, компьютерные банки тематических данных и методы пространственно-временного анализа.

Несомненно, что рост первичной выявляемости онкологических заболеваний связан с появлением новых медицинских технологий, однако показанная в результате исследования территориальная медико-экологическая контрастность (группы районов с различным рейтингом качества среды обитания и общественного здоровья), территориальная неоднородность заболеваемости свидетельствует о тесной связи уровня заболеваемости рассматриваемых видов онкологических заболеваний и уровня медико-экологической безопасности.

Злокачественные новообразования относят к индикаторным показателям здоровья с высокой степенью зависимости от качества среды обитания, поэтому рост онкологической заболеваемости часто рассматривают как гигиеническую характеристику экологического неблагополучия территории. Злокачественные новообразования являются экологически индикаторной патологией, высокоинформативным и социально значимым показателем состояния здоровья популяции в целом [Parsa, 2012; Архипова и др., 2014].

Сопоставление минимальных и максимальных показателей заболеваемости в популяции позволяет оценить долю онкологических заболеваний, которые можно предупредить. Выявленные региональные различия уровня заболеваемости являются не только основой для выявления факторов риска, но и для определения теоретических возможностей профилактики заболевания.

Установлено, что несмотря на сложный, опосредованный и инерционный характер воздействия качества окружающей среды на показатели здоровья, внутрирегиональная дифференциация уровня первичной выявляемости онкологических заболеваний в значительной степени соответствует пространственному распределению показателей медико-экологической безопасности.

Рост заболеваемости раком усугубляется также демографическими и социально-экономическими процессами в регионах Ростовской области, такими, как депопуляция и старение населения, половозрастной состав, уровень жизни, миграции населения, качество и доступность и качество медицинской помощи.

Геоинформационное моделирование медико-экологической безопасности регионов позволит обосновать принципы формирования региональных программ формирования здоровой окружающей среды, оптимизировать процесс управления медицинской помощью больным со злокачественными новообразованиями.

БЛАГОДАРНОСТИ

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект № 16-05-00940 Научно-методическое обоснование технологии интеллектуального анализа медико-экологической безопасности Южных регионов России.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the financial support of the Russian Foundation for Basic Research, Project No 16-05-00940 Scientific and methodological substantiation of the technology of intellectual analysis of medical and ecological safety of the Southern regions of Russia.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Лихтанская Н.В., Тарасов В.А., Матишов Д.Г.* География и динамика онкологических заболеваний в аграрных регионах Южного федерального округа // Вестник Южного научного центра, 2014. 10 (4): 96–103.
2. *Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Чибичян М.Б., Коган М.И.* Эпидемиология рака предстательной железы в Ростовской области. Пространственно-временная статистика // Онкоурология. 2016. № 4. С. 52–59.
3. *Безуглая Э.Ю.* Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая, Г.П. Расторгуева, И.В. Смирнова. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 256 с.
4. *Гусейнова Н.О.* Экологический мониторинг Дагестана с использованием дистанционного зондирования и ГИС-технологий (на примере г. Махачкалы) / Н.О. Гусейнова, Н.М. Булаева, Б.И. Магомедов, С.Я. Аскеров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 477–482.

5. *Захаров В.М.* Биотест. Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / В.М. Захаров, Д.М. Кларк. М.: Моск. отд. межд. фонда «Биотест», 1993. 68 с.
6. *Касимов Н.С.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.. М.: АПР, 2016. 276 с.
7. *Мазуров С.Ф.* Комплексное картографическое обеспечение административно-хозяйственных структур / Мазуров С.Ф., Пластинин Л.А. // Геодезия и картография. 2012. № 2. С. 30–37.
8. *Тигеев А.А.* Структура региональной экологической ГИС Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2009. № 10. С. 210–213.
9. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Касимова Н.С. М.: Изд-во МГУ, 1995. 336 с.
10. *Malkhazova S.M.* Health of urban population in Moscow and Beijing agglomerations / Malkhazova S.M., Linsheng Y., Wuyi W., Orlov D.S., Shartova N.V., Hairong L., Li W. // Geography. Environment. Sustainability. 2014. No 4 (V. 7). P. 41–53.
11. *Parsa N.* Environmental Factors Inducing Human Cancers. Iran J Public Health; 2012. 41 (11): 1–9.
12. *Yue S., Pilon P., Phinney B., Cavadias G.* The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrol. Processes 16, 2002. P. 1807–1829.

REFERENCES

1. *Arkhipova O.E., Chernogubova E.A., Likhtanskaya N.V., Tarasov V.A., Matishov D.G.* Geography and dynamics of oncological diseases in the agrarian regions of the Southern Federal District. Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra, 2014. 10 (4): 96–103 (in Russian).
2. *Arkhipova O.E., Chernogubova E.A., Chibichyan M.B., Kogan M.I.* Epidemiology of prostate cancer in the Rostov Region. Spatio-temporal statistics Onkourologiya. 2016. No 4. P. 52–59 (in Russian).
3. *Bezuglaya E.Yu.* What does the industrial city breathe? Bezuglaya G.P., Rastorgueva I.V., Smirnova L.: Gidrometeoizdat, 1991. 256 p. (in Russian).
4. Ecogeochemistry of urban landscapes. Ed. N.S. Kasimov. M.: Izd-vo MGU, 1995. 336 p. (in Russian).
5. *Guseinova N.O., Bulaeva N.M., Magomedov B.I., Askerov S.Ya.* Ecological monitoring of Dagestan using remote sensing and GIS technologies (on the example of Makhachkala). Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2008. Issue 5. T. 2. P. 477–482 (in Russian).
6. *Kasimov N.S., Vlasov D.V., Kosheleva N.E., Nikiforov E.M.*. Geochemistry of the landscapes of Eastern Moscow. Moscow: APR, 2016. 276 p. (in Russian).
7. *Malkhazova S.M., Linsheng Y., Wuyi W., Orlov D.S., Shartova N.V., Hairong L., Li W.* Health of urban population in Moscow and Beijing agglomerations. Geography. Environment. Sustainability. 2014. No 4 (V. 7). P. 41–53.
8. *Mazurov S.F., Plastinin L.A.* Complex cartographic support of administrative and economic structures. Geodeziya i kartografiya. 2012. No 2. P. 30–37 (in Russian).
9. *Parsa N.* Environmental Factors Inducing Human Cancers. Iran J Public Health; 2012. 41 (11): 1–9.
10. *Tigeyev A.A.* Structure of the regional environmental GIS of the Tyumen Region. Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya. 2009. No 10. P. 210–213 (in Russian).
11. *Yue S., Pilon P., Phinney B., Cavadias G.* The influence of autocorrelation on the ability to detect trends in hydrological series. Hydrol. Processes 16, 2002. P. 1807–1829.
12. *Zakharov V.M., Clark D.M.* Biotest. Integral Assessment of Health of Ecosystems and Species. Moscow: Moskovskoye otd. mezhd. fonda "Biotest", 1993. 68 p. (in Russian).

УДК: 910.26

Добрякова В.А.[1]

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «НАСЕЛЕНИЕ» ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО ОКРУГА

АННОТАЦИЯ

В данной статье дан обзор работы, выполненной автором при разработке и создании материалов (карт, диаграмм, таблиц), вошедших в раздел «Население. Гармоничность социальной сферы» Экологического атласа Ямало-Ненецкого автономного округа: результаты научных исследований, состояние, динамика, прогноз. Атлас подготовлен летом – осенью 2017 г. группой преподавателей и студентов института наук о Земле Тюменского государственного университета по заказу администрации Ямало-Ненецкого автономного округа. Печатный вариант атласа вышел в издательстве Тюменского государственного университета. Главной целью при подготовке атласа было обеспечение всех заинтересованных лиц, а прежде всего администрации Ямало-Ненецкого автономного округа удобными и наглядными материалами для анализа пространственной ситуации, складывающейся в регионе, и последующего принятия необходимых управленческих решений.

Развитие Ямало-Ненецкого автономного округа обусловлено не только существующими природными богатствами, но и имеющимися человеческими ресурсами. Население является одним из важнейших факторов, определяющих устойчивое развитие любой территории. Понимание демографической ситуации, учет и анализ процессов перераспределения населения позволяют определить основные направления развития региона и подобрать адекватные варианты воздействия на складывающуюся ситуацию.

Автор дает оценку важности исследования состояния населения округа и определяет место раздела в общей структуре атласа, проводит обсуждение подходов и принципов выполнения данной работы исходя из главной цели и особенностей рассматриваемого региона. Проведены обзор и обсуждение выполненной работы, приведен перечень карт раздела, две из них представлены в статье. Указаны особенности, выявленные в структуре населения региона, они нашли отражение на двух представленных картах. В заключение сделаны выводы и рассмотрены перспективы дальнейшей работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картография, устойчивое развитие, Цифровая Земля.

Valentina Dobryakova[2]

CARTOGRAPHICAL PROVIDING SECTION "POPULATION" OF THE ECOLOGICAL ATLAS OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS REGION

ABSTRACT

In this article the review of the work is performed by the author during the developing and creating various materials (maps, charts, tables), which have entered the section "The Population. Harmony of the social sphere" of Ecological atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous Region:

[1] Тюменский государственный университет, ул. Володарского, д. 6, 625003, Тюмень, Россия, *e-mail:* **dvgeo@list.ru**

[2] Tyumen State University, Volodarskiy str., 6, 625003, Tyumen, Russia, *e-mail:* **dvgeo@list.ru**

results of scientific researches, state, dynamics, forecast. The Atlas was being prepared from summer to fall in 2017 by the group of teachers and students of Tyumen State University Institute of Earth Science by the order of administration of the Yamalo-Nenets Autonomous Region. The printing version of the atlas was created in the Tyumen state university's publishing house. The main purpose in the course of preparation of atlas has been defined the providing every interested person, first of all administration of the Yamalo-Nenets Autonomous Region, with convenient and evident materials for the analysis of the spatial situation that is developing in the region and the subsequent adoption of necessary administrative decisions.

Development of the Yamalo-Nenets Autonomous Region is not caused only because the astonishing natural heritage, but also because the available human resources. Population is one of the most significant factors setting sustainable development of each territory. The understanding of a demographic situation, account and the analysis of redistribution population processes allows to define the main directions of development of the region and to select the adequate options of impacting on the developing situation.

Relying on everything mentioned above, the author gives the assessment influence to importance of the research specializing on population of the district and defines the place of the section in the general structure of atlas, commits discussion of approaches and principles of performance of this work proceeding from the general task and features of the considered region. Furthermore, the review and discussion of the performed work was carried out as well as the review of the maps executed in the section, both of them were displayed in the article. The particular qualities were revealed in the structure of region population, which were shown in the submitted maps. Taking all in consideration, it is crucial to said that we have made the derivations and put on the future perspectives of futher work.

KEYWORDS: cartography, sustainable development, Digital Earth.

ВВЕДЕНИЕ

Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) – один из крупнейших по территории субъектов Российской Федерации, стабильно и динамично развивающийся регион. Ямал – крупнейший поставщик углеводородного сырья.

Население региона является его основной преобразующей силой и основным объектом воздействия при принятии управленческих решений. Сохранение и развитие человеческого потенциала – одно из приоритетных направлений социально-экономической политики округа [https://de.yanao.ru/documents/active/23/]. Именно поэтому «населенческий» раздел является одним из важнейших в атласе и традиционно помещен сразу за физико-географическими разделами (рельеф, климат, почвы), за ним следуют разделы, связанные с хозяйственной деятельностью в регионе. При работе над разделом мы стремились возможно более полно отразить специфику проживающего на данной территории населения, особенности его размещения по территории региона, а также характерные черты трудовой деятельности [Добрякова, 2015].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа над разделом «Население. Гармоничность социальной сферы» Экологического атласа ЯНАО направлена на обобщение современной информации и знаний о населении региона, представление имеющихся данных в наглядном и удобном для использования виде [Добрякова, 2012].

Необходимо сказать, что предыдущее комплексное картографирование систем населения региона проводилось в Атласе ЯНАО 2004 г. [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004], поэтому отображение демографической ситуации региона

нуждается в обновлении, с учетом объема накопленной за прошедшее время статистической информации и развития картографического программного обеспечения.

Выбор показателей для картирования соответствует данным отчетности, размещенным на официальном сайте ЯНАО, что обеспечивает сопоставимость результатов с картами ЯНАО за предыдущие годы. И поскольку все данные есть в открытом доступе [http://www.gks.ru/; http://www.demoscope.ru/], содержание представленных карт может быть проверено любым желающим. Данное условие является необходимым для любого научного исследования.

С учетом конфигурации и размеров округа, его высокоширотного положения для карт принята поперечная цилиндрическая равнопромежуточная проекция [Иванов, Загребин, 2012]. В разделе используются карты двух масштабов – 1 : 5 000 000, 1 : 7 500 000.

Карты построены с использованием технологий и аналитики программы ArcGIS 10.3. Статистические данные приведены по состоянию на 1 января 2016 г.

Для каждого из выбранных масштабов разработана географическая основа с едиными установками картографической генерализации и согласованной системой условных знаков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработке раздела предшествовало изучение опыта создания отечественных атласных картографических произведений [Атлас Тюменской области, 1976; Евтеев, 1999; Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004; Коробейников, Резвых, 2011; Атлас Пермского края, 2012; http://www.ektor.ru/pages/mon1.asp?idr=4; http://xn--80aaaa1bhnclcci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd3/territory.html] и анализ данных региональной и муниципальной статистики.

Далее решался целый ряд задач: методологических (разработка структуры раздела и содержания карт) и методических (проектирование базы геоданных, создание и оформление тематических карт).

В рамках работы над содержанием раздела автором подготовлена общая описательная часть, в которую включены 5 диаграмм и 5 таблиц, отражающих динамику и структуру населения округа в целом, его национальный и половозрастной состав, кроме того, в раздел вошли 6 карт, отражающих различные характеристики проживающего на данной территории населения:

1. людность поселений;
2. плотность населения;
3. естественное движение населения;
4. механическое движение населения;
5. доля трудоспособного населения с указанием видов экономической деятельности;
6. потенциал поля расселения.

На 1 января 2016 г. численность населения ЯНАО составила 534,1 тыс. человек [Статистический ежегодник, 2016].

В городах и поселках городского типа проживает 83,7 % населения.

Территория округа характеризуется слабой заселенностью и большой контрастностью в размещении населения. Плотность населения – 0,7 человека на км^2.

ЯНАО имеет половозрастную структуру, характерную для вновь осваиваемых районов с неустоявшимся населением. Доля населения моложе трудоспособного возраста составляет 23,8 %, трудоспособного – 66,2 %, старше трудоспособного – всего 10 % [Статистический ежегодник, 2016].

По данным на 1 января 2016 г., численность женщин превышает численность мужчин на 4,3 тыс. человек [Статистический ежегодник, 2016].

Демографическая ситуация характеризуется устойчивым естественным приростом населения – в среднем на 5–6 тыс. человек в год. Высокий естественный прирост населения обусловлен высокой долей лиц молодого возраста. Средний возраст жителей составляет 33 года. Механический прирост с 2010 г. отрицательный, только в 2011 г. был механический прирост на 6249 человек [http://www.gks.ru/].

ЯНАО последние 5 лет характеризуется отрицательным сальдо миграции. Основную роль в миграционном обмене играет Тюменская область.

Округ – один из самых многонациональных регионов Российской Федерации. В нем проживают представители 112 народностей и национальностей. По данным Всероссийской переписи населения 2010 г. [Статистический ежегодник, 2016], доля аборигенного населения в общей численности населения округа составила 8 % (41,2 тыс. человек), кочевой образ жизни ведут более 13 тыс. человек (что составляет 40 % от всего аборигенного населения).

Формирование расселения населения округа проходило в два этапа. Первый этап расселения связан с традиционным хозяйством местного населения: охотничьим, рыбопромысловым и оленеводческим – и соответствующим формированием сопутствующей инфраструктуры: торговля, перерабатывающая промышленность. Второй этап связан с периодом интенсивного и массированного освоения месторождений нефти и газа. Результатом этого является дисперсно-очаговый характер размещения городских поселений, расположенных рядом с местами добычи углеводородного сырья, их переработки, транспортировки [Деттер, 2017; Логинов, 2017]. В 2016 г. доля коренных народностей составила 9,5 %.

Интересны две карты раздела, дающие наглядное представление о складывающейся в округе ситуации с расселением населения и его трудовой деятельностью. Выбор именно этих карт связан с тем, что их содержание практически не пересекается и дает представление о действительно разных характеристиках, которые, на наш взгляд, удачно дополняют друг друга.

Обе карты выполнены в масштабе 1 : 5 000 000 для печати на листах формата А3. В статье приведены уменьшенные копии.

На первой представленной карте – «Людность поселений» (рис. 1) – отражены три основных показателя:

1. Распределение населенных пунктов по данной территории, положение каждого населенного пункта указано шаром, размер которого задан в соответствии с людностью.

2. Цвет шаров задает тип населенного пункта (город, поселок городского типа или сельское поселение).

3. Цветовой фон по административным районам отражает среднюю людность населенных пунктов сельского типа.

Система населенных пунктов является основой всех карт населения. На данной карте показаны все поселения региона с постоянным населением, что вместе с цветностью значков дает полное представление о структуре расселения и позволяет судить о месте и функциях каждого поселения. Фон административных районов дает дополнительную наглядность изображению, поскольку количество сельских поселений велико по отношению к поселениям других типов.

Вторая карта – «Доля трудоспособного населения с указанием видов экономической деятельности» (рис. 2) – дает представление о доле трудоспособного населения и видах его деятельности, данные приведены по административным районам и городским округам. Выбранная структура видов деятельности, отраженная на карте в виде круговых диаграмм, соответствует данным официальной статистической отчетности. Представленный материал дает огромные возможности для анализа доли и структуры работающего населения и позволяет делать интересные выводы о видах преобладающей деятельности.

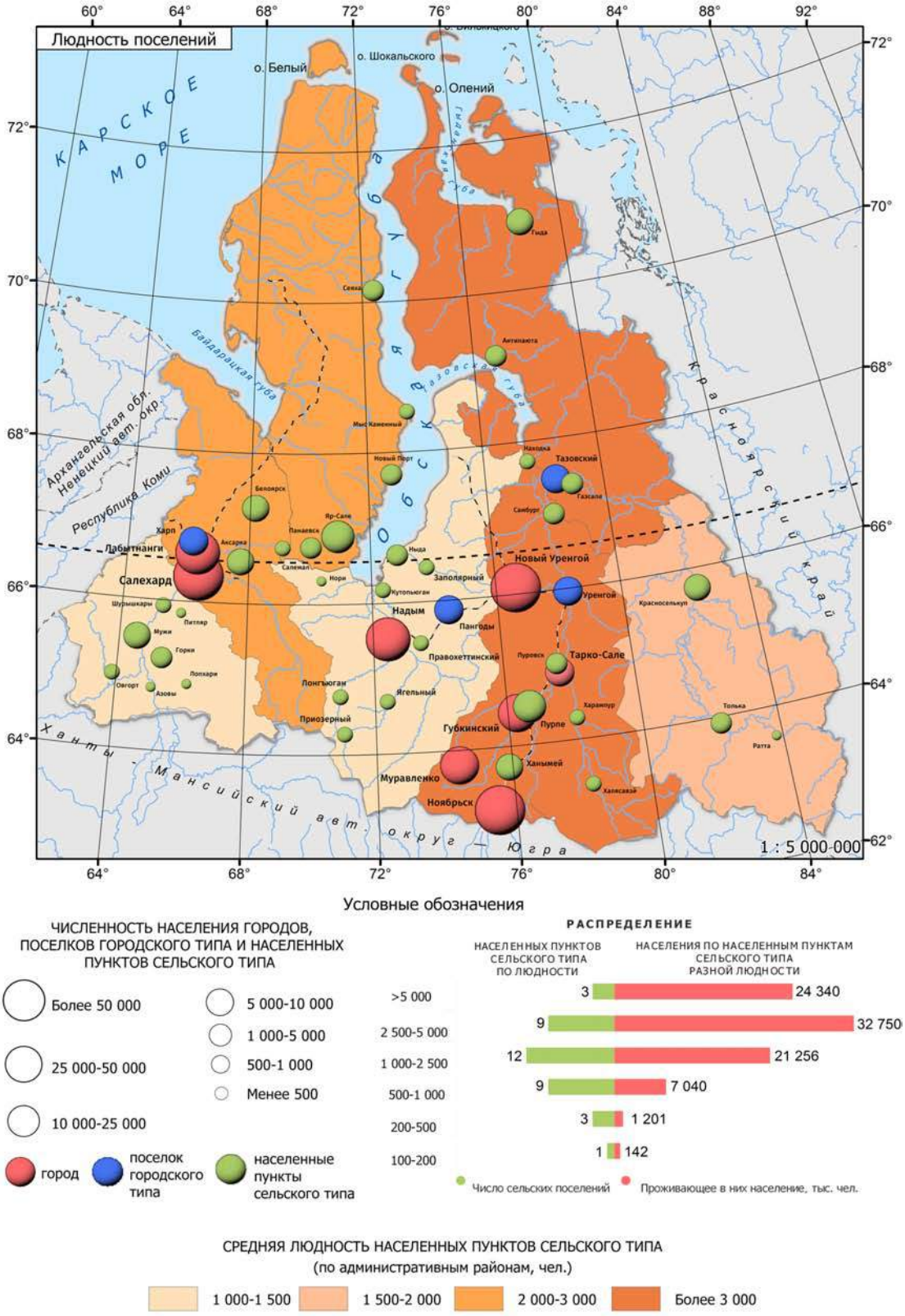


Рис. 1. Карта «Людность поселений» (раздел «Население. Гармоничность социальной сферы» Экологического атласа Ямало-Ненецкого автономного округа)

Fig. 1. Map "Crowded settlements" (Section "Population. The harmony of the social sphere", Ecological Atlas of the Yamal-Nenets Autonomous district)

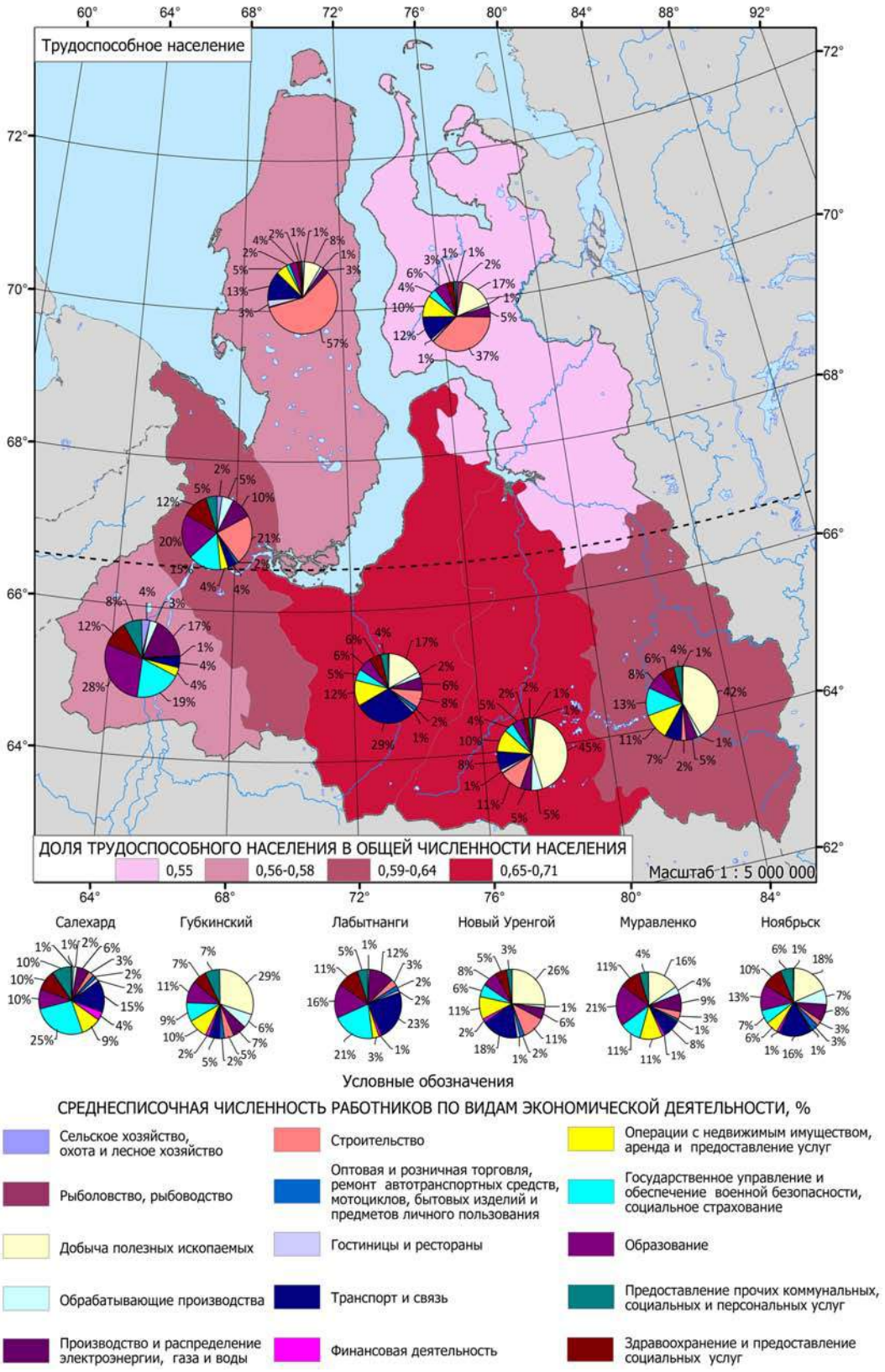


Рис. 2. Карта «Трудоспособное население» (раздел «Население. Гармоничность социальной сферы» Экологического атласа Ямало-Ненецкого автономного округа)

Fig. 2. Map "Working population" (Section "Population. The harmony of the social sphere", Ecological Atlas of the Yamal-Nenets Autonomous district)

Например, можно заметить, что высокий процент населения, занятого в добыче полезных ископаемых, в основном соответствует более высокой доле трудоспособного населения, но в соответствующих городских округах процент населения, занятого в добыче полезных ископаемых, значительно меньше. Что в общем-то понятно: приток трудоспособного населения связан прежде всего именно с добычей полезных ископаемых, а в городах процент снижается за счет более разнообразной структуры занятости. Однако можно увидеть и районы-исключения, например Тазовский и Ямальский районы, причем у Тазовского при достаточно высокой доле населения, занятого в добыче полезных ископаемых, – 17 %, доля трудоспособного населения соответствует среднему показателю по России – 0,55, а у Ямальского района соответствующие показатели 8 и 0,56 %. Однако у этих же районов очень высокий процент населения, занятого в строительстве, соответственно 37 и 57 %.

ВЫВОДЫ

Раздел «Население. Гармоничность социальной сферы» представляет собой комплексную многоцелевую картографическую модель систем населения региона на современном этапе развития и предназначен для широкого использования в сфере управления, в социальной, экономической, научной, образовательной и других сферах деятельности.

Создание раздела позволило накопить необходимый опыт для дальнейшей работы в данном направлении, сформировать основные принципы, определить последовательность выполнения операций, которой нужно придерживаться при подготовке таких сложных картографических материалов. Считаю, что накопленные нами знания следует использовать при создании аналогичных атласов по другим территориям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Пермского края. Пермь, 2012. 124 с.
2. Атлас Тюменской области. М.; Тюмень: Главное управление геодезии и картографии, 1976. Вып. II. 198 с.
3. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. 303 с.
4. *Деттер Г.Ф.* Модели освоения ресурсов и территорий Ямало-Ненецкого автономного округа // Арктика и Север. 2017. № 26. С. 98–116. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2017.26.98.
5. *Добрякова В.А.* Изучение динамики людности поселений картографическими методами // Вестник ТюмГУ, 2012. № 7. С. 6–10.
6. *Добрякова В.А.* Пространственно-временной анализ размещения населения Тюменской области средствами ArcGIS // Геоинформационное картографирование в регионах России. Воронеж, 2015. С. 42–45.
7. *Евтеев О.А.* Проектирование и составление социально-экономических карт. М.: МГУ, 1999. 220 с.
8. *Иванов А.Г., Загребин Г.И.* Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации: учебно-наглядное издание. М.: МИИГАиК, 2012. 19 с.
9. *Коробейников А.М., Резвых В.В.* Социальный атлас Пермского края. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011. 163 с.
10. *Логинов В.Г.* Социально-демографический потенциал этнических районов Арктики. // Журнал экономической теории. 2017. № 4. С. 37–49.

11. Национальный атлас России. Т. 3. Население. Экономика. Электронный ресурс: http://xn--80aaaa1bhnclcci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd3/territory.html (дата обращения 30.04.2017).
12. Экологический атлас Ростовской области. Электронный ресурс: http://www.ektor.ru/pages/mon1.asp?idr=4 (дата обращения 30.04.2017).

REFERENCES

1. Atlas of the Perm Region. Perm, 2012. 124 p. (in Russian).
2. Atlas of the Tyumen Region. M.; Tyumen: Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii, 1976. V. II. 198 p. (in Russian).
3. Atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous Region. Omsk: Omsk: Omskaya kartograficheskaya fabrika, 2004. 303 p. (in Russian).
4. *Detter G.F.* Models of the resources and territories development of the Yamalo-Nenets Autonomous Region. Arktika i Sever. 2017. No 26. S. 98–116 (in Russian). DOI: 10.17238/issn2221-2698.2017.26.98.
5. *Dobryakova V.A.* Existential analysis of accommodation of the population of the Tyumen region means ArcGIS. Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii. Voronezh, 2015. P. 42–45 (in Russian).
6. *Dobryakova V.A.* Studying of lyudnost dynamics of settlements by cartographical methods. Vestnik TyumGU, 2012. No 7. P. 6–10 (in Russian).
7. Ecological atlas of the Rostov Region, accessed 30.04.2017 (in Russian).
8. *Evteev O.A.* Design and drawing up social and economic cards. M.: MGU, 1999. 220 p. (in Russian).
9. *Ivanov A.G., Zagrebin G.I.* Atlas of cartographical projections on large regions of the Russian Federation: educational and evident edition. M.: MIIGAiK, 2012. 19 p. (in Russian).
10. *Korobejnikov A.M., Rezvyh V.V.* Social atlas of Perm Region. Ekaterinburg: Institut ehkonomiki UrO RAN, 2011. 163 p. (in Russian).
11. *Loginov V.G.* Social and demographic capacity of the ethnic regions of Arctic. ZHurnal ehkonomicheskoj teorii. 2017. No 4. P. 37–49 (in Russian).
12. National atlas of Russia. T. 3. Population. Economy. web resource: http://xn--80aaaa1bhnclcci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd3/territory.html, accessed 30.04.2017 (in Russian).

Tatiana S. Nokelaynen[1]

MAPPING OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF INLAND WATERWAY TRANSPORT IN RUSSIA

ABSTRACT

Nowadays more and more attention is paid to climate change policy and sustainable development, for which transport still presents a major challenge. Road and railway transport plays an important role in the pollution of the natural environment. Waterway transportation is more efficient and environmentally friendly than other modes of transport, but alongside these advantages, it still has a major impact on the quality of the water environment. Therefore, it is highly important to monitor and analyse the environmental impacts of inland waterway transport at the county scale. For this purpose, the thematic ecological database was developed for the territory of Russia and the digital map of the environmental impacts of inland waterway transport was created at a scale of 1 : 20 000 000. The degree of impact of river transport on the water quality is assessed according to three main factors, depending on the capacity of passenger and cargo flows, types of cargo, as well as the self-cleaning capacities of natural water bodies (river discharge and volume of the water bodies). Conducted research aims to support decision makers with comprehensive data on the environmental impact of inland waterway transport and helps to define the priority regions of Russia requiring measures of improvement of transport and ecological conditions.

KEYWORDS: inland waterway transport, environment, pollution, ecological mapping.

INTRODUCTION

The navigable waterways of the Russian Federation extend along some 101,7 thousand km, with over 130 river ports operating along their route [Transport…, 2016].

A single deep water system of the European part of Russia belongs to the inland waterways of international importance. The main water arteries of this system are the Rivers Volga, Kama, Don and Neva as well as the Volga-Don, Volga-Baltic and Moscow Canals. The system extends to some 6,5 thousand km with a guaranteed water depth of 3,6 m.

Overall, inland waterways are connecting 64 regions of Russian Federation, where 80 % of the total population of the country is residing and up to 90 percent of the GDP is produced [Russia…, 2017]. As well, inland waterway transport plays an important role in the life support of hard to access areas of the Far North and equated localities.

In 2017, 118,6 million tons of cargo were transported by rivers. In 1980, the turnover of inland water transport amounted to 481 million tons and was comparable to the road transport. Nowadays, the gap has quadrupled. Passenger transportation by the waterways also have fallen sharply. In 1980, it amounted to 103 million people, in 2017 it reached only 12,7 million people. [Rosstat, http://www.gks.ru].

According to Rosmorrechflot, the bulk of traffic that falls on the Volga Basin equals to 35,7 % of the total transport of goods on inland waterways. The share of the Moscow Basin is 16,3 %, Volga-Baltic – 11,6 %, Azovo-Don – 8,4 %, Ob-Irtysh – 5,6 % and Kamsky – 4,2 % [http://www.morflot.ru]. At present, over 1500 enterprises and private entrepreneurs have licenses for the transport of goods and passengers on inland waterways. The number of economic entities of inland waterway transport carrying out transshipment of goods exceeds 200 organizations.

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, World Data Center for Geography, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **nokelta@geogr.msu.su**

More than 130 river ports operate on the territory of the Russian Federation. Most of the river ports have direct railway access, thus making it possible to tranship goods from water to railways and road transport. The volume of transshipment of goods in ports for 2017 amounted to 138,2 million tons. The largest share of cargo handling in river ports still remains with construction materials – 76,8 %; Liquid cargo accounts for 5,3 % of the total volume of transshipment [http://www.morflot.ru].

Although the Russian inland waterways are the longest in the world, they are not used on a full scale. Inland shipping accounts for approximately 1,3 % of domestic freight movements in Russia measured in tonne-km. At the same time, for example, in China, where the length of waterways is comparable to Russia, the turnover of goods is 12 times higher. Even in those countries, where the length of rivers is smaller than in Russia, the inland waterway transport is used to a much greater extent. Thus, river transport in Germany accounts for about 11 % of the freight turnover, in the Netherlands – to 34 % and in France – to 10 % [EU Transport…, 2017].

The main problem is the gradual expansion of the limiting areas (shallow water) on inland waterways, as well as the extreme deterioration of the infrastructure. Most of the port facilities were put into operation about 40 years ago, the average age of the cargo fleet is 32 years, of the passenger fleet – 33 years, of the crane equipment – more than 30 years [Russian River Register, http://www.rivreg.ru].

In general, the domestic river transport has great prospects. In the Government's "Strategy for the development of inland water transport in the Russian Federation for the period until 2030", it is planned to increase the traffic capacity in infrastructural bottlenecks, develop the port infrastructure and introduce a number of incentive measures to encourage greater use of river services [http://www.morflot.ru].

The development of river transport is an important factor in reducing the overall environmental impact of the transport sector, since the specific figures of carbon dioxide emissions from inland shipping amounts to 5 percent of road transport emissions and 20 percent of rail transport emissions [Galieriková., Sosedova, 2016; Gosudarstvennyj..., 2017].

The impact of waterway transport on the environment is primarily related to spills or accidental releases of oil products during loading and unloading operations, discharges of polluted waters, dust pollution coming from dry bulk cargos and disturbances of water bodies during dredging.

Atmospheric pollution caused by river vessels in the Russian Federation is mainly related to the age of the vessels in operation, equipped with diesel engines that are characterized by an extremely high toxic effect [Ivanchenko et al., 2015]. The inland shipping sector offers many opportunities for technological innovations in vessels [Rutkowski, 2016].

Regular ship traffic have effects of physical and mechanical as well as of chemical and material nature. In addition there is a potential risk due to accidents where possibly large amounts of harmful polluting substances may come into the water and subsequently into the food chain and drinking water [Van Lier, Macharis, 2014; Andersson et al., 2016].

Physical and Mechanical Effects:

- Re-suspension of Sediments / Turbidity;
- Damage by Ship Waves and Ship Propellers;
- Transport of Water Organisms.

Chemical and Material Effects:

- Mineral Oil;
- Surfactants;
- Ship Paints;
- Waste from Navigating Ships;
- Energy Consumption / Emissions with Relevance for the Climate.

In addition to the environmental impacts from regular ship traffic, there is the important risk of burdens caused by accidents. Compared to rail transport, waterway transport has a higher accident risk which can be particularly critical with the downstream transport of spilled hazardous substances (oil, chemicals) [Novikov et al., 2016].

The likelihood of accidents in inland shipping depends mainly on the following factors: traffic density nautical conditions: water depth, width of the navigable channel, visibility, signalling, flow speed, etc. travelling speed training and reliability of the crew the technical state of the ship the availability and use of effective and reliable navigation systems. The ecological effects of accidents in shipping vary from case to case. An accident where loaded goods and fuel are lost must be rated much more severe than a collision without any loss of goods. In case of such a loss of load, the ecological impacts again largely depend on the type of transported goods [Gosudarstvennyj..., 2017].

Taking into account all the adverse environmental effects imposed by inland waterway transport, it can be noted that it is still more environmentally friendly than road and railway transport [Kader, 2014], (Fig. 1).

Pollution type	Emission levels per tonne-km		
	Road	Rail	Inland waterways
Carbon monoxide	6.10	0.18	0.11
Hydrocarbons	1.15	0.06	0.07
Nitric oxide	3.05	0.89	0.69
Sulphur dioxide	0.15	1.09	0.10

Fig. 1. Emission levels from different modes of transport

In order to study a number of problems which exist in the transport industry, spatial analysis and an integrated cartographic assessment of the current traffic situation is required. A series of thematic maps created using GIS technologies can be used to demonstrate the state of the transportation system, its interrelationship with the socio-economic development of the country, as well as its environmental impacts. A similar approach has been already implemented in a series of thematic maps devoted to the environmental impacts of different types of transport, such as road transport [Nokelaynen, 2015, 2017], railway and inland water transport [Nokelaynen, 2016; Maslennikova, Nokelaynen, 2017], developed as a part of the Environmental Atlas of Russia. The aim of this study is to summarize the previous expertise on mapping of the environmental impacts of transport and produce an up-to-date geodatabase and map of the influence of inland waterways on the environment in Russia.

MATERIALS AND METHODS

Atlas information system on the sustainable development of Russia, created at the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, contains a variety of resources for simulation, visualization and integrated analysis of information on natural, economic and socio-demographic sustainability across the regions of Russia. All the components of the system are analyzed considering their dynamic behavior and Russia is seen as an integral part of a global system [Tikunov et al., 2007]. The transport section of the system includes an extensive spatiotemporal database developed according to the existing standards of geodatabase design [Butler, 2008].

The thematic structure of the Water Management block of the "Sustainable Development of Russia" geodatabase includes:

1. Basic Inventory Maps (annual mean discharge, water availability, annual ground and surface waters abstraction, household water consumption per capita, wastewater treatment facilities, density of hydrological networks, navigable sections of rivers, etc.);

2. Assessment Maps (water resources availability and use, contaminated wastewater flow, trends in annual pollutant loads, fresh water conservation, water pollution incidents, self-cleaning capacities of natural water bodies, surface water quality, etc.);

3. Integrated Maps assessing how different regions are correlating with the model of sustainable development (integrated assessment of water management factors of sustainable development of the subjects of the Russian Federation) [Skornyakov et al., 2003].

The developed geodatabase was already used for thematic mapping of inland waterway transport implemented with the contribution of the author in a number of federal projects, such as:

- Environmental Atlas of Russia;
- Atlas of natural and technological hazards of the Russian Federation;
- National Atlas of Russia;
- Atlas of socio-economic development of Russia.

In addition to the materials obtained from the Atlas information system on the sustainable development of Russia, other sources of data were analyzed, such as the official statistics from the Russian Federal State Statistics Service [www.gks.ru], the materials from the official site of the Federal Agency for Maritime and River Transport of the Ministry of Transport of the Russian Federation [www.morflot.ru] and Russian River Register [www.rivreg.ru].

Information about the use of water resources and discharge of waste water into water bodies by types of economic activity under the responsibility of the Federal Water Resources Agency (Rosvodresursy) is published in the annual reports ("State and Protection of the Environment of the Russian Federation", "On State of Water Resources") that are published on the website of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation [www.mnr.gov.ru], and in official publications of Roshydromet ("Review of the State of the Environment and Environmental Pollution in the Russian Federation") that are publicly available from the official website [www.meteorf.ru].

The use of GIS technologies allowed mapping of the environmental impacts of inland waterway transport in Russia, which was conducted in ArcGIS environment according to the following steps:

1. Updating the geodatabase on the modern inland waterway network of Russia (navigation season, guaranteed depth of passage, availability of digital nautical charts).
2. Creating a series of thematic layers on inland waterway operations (freight and passenger traffic, sailing frequency, etc.).
3. Creating a series of thematic layers on inland waterway ecology (transportation of chemicals and hazardous materials, oil loading and offloading points, pollution incidents, self-cleaning capacities of natural water bodies, etc.).
4. Creating a series of thematic layers on river ports (freight and passenger turnover, types of cargoes, etc.).
5. Developing a methodology for assessment of river transport pollution.
6. Developing a methodology for estimation of transport pollution in river ports.
7. Composing a thematic map of environmental impacts of inland waterway transport in Russia.

RESULTS AND DISCUSSION

The main outcome of the research is the creation of the map "Environmental Impacts of Inland Waterway Transport in Russia" at the scale of 1 : 20 000 000, where the negative environmental effects caused by inland water transport are characterized by the degree of vessel-sourced pollution to inland waters (Fig. 2).

Fig. 2. Environmental Impacts of Inland Waterway Transport in Russia

The degree of river transport impact on the water quality is assessed according to three main factors, depending on the capacity of passenger and cargo flows, types of cargo, as well as the self-cleaning capacities of natural water bodies (river discharge and volume of the water bodies).

A high degree of water pollution caused by river transport has not been reported yet.

Navigable rivers, canals and water bodies with a cargo traffic of more than 1 million tonnes and with a significant share of transported oil products are referred to a moderate degree of pollution. Those are primarily the main inland waterways of Russia: the White Sea-Baltic Canal, the Volga with a system of reservoirs (downstream from Tver), Kama (downstream from Berezniki), Belaya (downstream from Ufa), Ob (from Novosibirsk to Khanty-Mansiysk), Irtysh (downstream from Omsk), the Moscow Canal, etc.

A low degree of pollution is assigned to water bodies with a cargo traffic of more than 1 million tonnes and with a small share of transported oil products: the Northern Dvina, the Yenisei (from Krasnoyarsk to Igarka), the Lena (from Kirensk to the mouth of the Vilyuy), the Amur (from Blagoveshchensk to the mouth of the Ussuri), Lake Onega, Rybinsk Reservoir, etc.

Navigable rivers and reservoirs with a cargo traffic of less than 1 million tonnes per navigation season are characterised by a very low degree of pollution: Don (up to the Tsimlyansk reservoir), most of the navigable rivers of the Northeast Russia, Baikal, Obskaya Bay, Ladoga Lake, etc.

The degree of transport pollution in river ports is also indicated on the map. It is differentiated as high, moderate or low, depending on the freight turnover and types of cargo that are being handled (e. g. bulk liquid materials, bulk solid materials, general cargo or containers).

CONCLUSION

The construction, operation and maintenance of waterway infrastructure are causing substantial negative impacts on the natural environment. The conducted research enabled to define the key regions of Russia which are subject to a significant anthropogenic load associated with the inland water transport and which require adoption of new environmentally-oriented policies and industry standards. The map "Environmental Impacts of Inland Waterway Transport

in Russia" which was produced as a part of this study helped to assess the degree of pollution along all the major waterways and in river ports of Russia. The approach that was used shows that the creation of thematic maps using GIS technology and multi-layer analysis can be used for an assessment of inland waterway transport pollution, and can serve as an essential part of a decision support system in order to facilitate:

- Local and regional inland waterway environmental impact and safety assessment.
- Environmentally – oriented inland waterway infrastructure development projects.
- Nature protection initiatives in the inland waterway transport sector.

All the information involved in this study was gathered and stored in a format of an ArcGIS geodatabase, which makes the database dynamic and easy to edit and allows updating the attribute information, conducting additional multi-layer analysis and creating new maps.

REFERENCES

1. *Andersson K., Bald F., Brynolf S., Lindgren F., Granhag L., Svensson E.* Shipping and the Environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. P. 426. DOI: 10.1007/978-3-662-49045-7_1.
2. *Butler J.A.* Designing geodatabases for transportation. Redlands, Calif.: ESRI Press, 2008. P. 461.
3. EU Transport in figures: statistical pocketbook 2017. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. P. 162.
4. *Galieriková A., Sosedová J.* Environmental aspects of transport in the context of development of inland navigation. Ekológia (Bratislava), 2016. V. 35, No 3. P. 279–288.
5. Gosudarstvennyj doklad "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2016 godu" [State Report: On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2016]. Moscow, 2017. P. 760 (in Russian).
6. *Ivanchenko A.A., Petrov A.P., ZHivlyuk G.E.* EHnergeticheskaya ehffektivnost' sudov i reglamentaciya vybrosov parnikovyh gazov [Energy efficiency of ships and regulation of greenhouse gas emissions]. Vestn. Gos. un-ta mor. i rechn. flota im. adm. S.O. Makarova. 2015. No 3 (31). P. 103–112 (in Russian).
7. *Kader, Abd Saman Bin Ab*. Management of Rivers for an Environmentally friendly inland Waterway Transport system. Jurutera, June 2014. P. 18–21.
8. *Maslennikova V.V., Nokelaynen T.S.* Railway and inland water transport impact on the environment. Environmental Atlas of Russia. M.: OOO "Feoria", 2017. P. 176–177 (in Russian).
9. *Nokelaynen T.S.* GIS-Mapping of the Environmental Impacts of Road Transport in Russia. In: Proceedings of the International Conference InterCarto/InterGis 21 "Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practice". Krasnodar, Sochi, Suva (Fiji), 2015. P. 97–100.
10. *Nokelaynen T.S.* Mapping of the Environmental Impacts of Railway Transport in Russia. In: Proceedings of the International Conference InterCarto/InterGis 22 "Geoinformation support of Sustainable Development of Territories in the context of global climate change". Wellington, Melbourne, Protvino Moscow Province, 2016. V. 1. P. 256–261.
11. *Nokelaynen T.S.* Vozdejstvie avtomobil′nogo transporta. [Road transport impact on the environment]. Environmental Atlas of Russia. M.: OOO "Feoria", 2017. P. 178–179 (in Russian).
12. *Novikov V., Minaeva I., Kozhin D.* Nauchno-metodicheskie osnovy povysheniya bezopasnosti dlya okruzhayushchej sredy perevozok nefti vodnym transportom. [Scientific-methodological basis of increasing environment's safety from oil shipping by water transport]. River transport (XXIst century). 2016. No 1 (77) P. 38–41 (in Russian).
13. Russia in figures. 2017: Statistical book. Rosstat, Moscow, 2017. 511 p.

14. *Rutkowski G.* Stady of Green Shipping Technologies – Harnessing Wind, Waves and Solar Power in New Generation Marine Propulsion Systems. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 2016. V. 10, No 4. P. 627–632. DOI: 10.12716/1001.10.04.12.
15. *Skornyakov V.A., Maslennikova V.V., Nokelaynen T.S.* Vodohozyajstvennyj aspekt ustojchivogo razvitiya sub'ektov Rossijskoj Federacii [Water management aspect of sustainable development of the subjects of the Russian Federation]. Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya. 2003. No 2. P. 37–43 (in Russian).
16. *Tikunov V.S., Rubanov I.N., Nokelaynen T.S.* Atlas information system for the sustainable development of territories. In the Proceedings of the XXIII International Cartographic Conference, Moscow, 2007. P. 123–124.
17. Transport i svjaz' v Rossii. 2016: Stat. cb. [Transport and communication in Russia. 2016: Statistical book]. Rosstat, Moscow, 2016. P. 112 (in Russian).
18. *Van Lier, T., Macharis, C.* Assessing the environmental impact of inland waterway transport using a life-cycle assessment approach: The case of Flanders. Research in Transportation Business & Management. 2014. 12. P. 29–40.

УДК 528. 9

Прохорова Е.А.[1], Семин В.Н.[2]

СБОР И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПО СУХОПУТНЫМ ПУТЯМ СООБЩЕНИЯ ДЛЯ ГЕОРЕСУРСА «ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИИ»

АННОТАЦИЯ

С 2017 г. на Географическом факультете МГУ ведутся работы по созданию геоинформационно-картографического обеспечения для оценки состояния и функционирования транспортной системы России. Сеть железных и автомобильных дорог, а также функционально связанная с ними сеть транспортных узлов – это основообразующая структура транспортной системы любого региона. Одна из основных задач проекта – изучение содержательных аспектов сухопутных путей сообщений и определение необходимых характеристик для их геоинформационного представления. В статье рассматриваются вопросы, связанные с отбором и систематизацией информации, выбором показателей для представления в создаваемой базе пространственных данных железных и автомобильных дорог, удовлетворяющих критериям отбора.

Разработка сценариев развития территории в транспортном отношении требует учета достоверных и актуальных данных об объектах транспорта. В ходе работы определены круг источников и оптимальное количество показателей, характеризующих сухопутные пути сообщения, которые были сгруппированы в тематические блоки для формирования базы данных. Выполнены анализ и оценка условий, при которых происходит детализация собранной информации для представления на трех уровнях масштабного изображения. Вследствие необходимости представления информации на нескольких масштабных уровнях сформированы несколько наборов данных, качественный и количественный состав которых уникальны в зависимости от того масштабного уровня, для которого эти данные предназначены.

Проведенная работа по отбору и формализации исходной тематической пространственной информации позволила накопить необходимый опыт и сформировать основные принципы для разработки базы данных, интегрирующей в себе не только автомобильный и железнодорожный, но и все остальные виды транспорта. Основная цель при этом – предоставить потребителю как можно более полную информацию о транспортной системе России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационно-картографическое обеспечение, источники информации, транспортные сети.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **eaprohorova@mail.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **vnsemin@mail.ru**

Elena A. Prokhorova[1], Vladimir N. Semin[2]

COLLECTING AND FORMALIZING OF LAND ROUTES DATA FOR GEORESOURCE "TRANSPORT SYSTEM OF RUSSIA"

ABSTRACT

Since 2017 the research initiative is being undertaken on the geographical faculty of Moscow State University to create geoinformation and cartography support for state value and functioning of the transport system in Russia. The railway and highway network, as well as the functionally related network of transport hubs, is the main structure of the transport system in any region. Study of the content aspects of land routes and determine the necessary characteristics for their GIS presentation is one of the main tasks of the project. The article deals with the issues related to the selection and classification of information, the choice of indicators for showing railways and highways that meet the selection criteria, in the created spatial database.

Scenarios for the transport development of the territory require the inclusion of reliable and up-to-date data on transport facilities. In the course of the work, the range of sources and the optimal number of indicators characterizing land routes were identified, which were grouped into thematic blocks for the database formation. The analysis and assessment of the conditions under which the detailed information is collected for presentation at 3 levels of the scale image is analyzed. Due to the need of presenting information on several scale levels, several data sets have been formed, the qualitative and quantitative composition of which is unique, depending on the scale level for which these data are intended.

Collecting and formalizing of the initial thematic spatial information allowed to accumulate the necessary experience and to form the basic principles for the development of a database integrating not only road and rail, but also all other modes of transport. The main goal is to provide the consumer with as much information as possible about the transport system in Russia.

KEYWORDS: geoinformation and cartographical support, data sources, transport network.

ВВЕДЕНИЕ

Всестороннее использование информационных ресурсов является одной из характерных черт современного общества. Востребованность самых разных знаний и, соответственно, накопленной информации, на которую эти знания опираются, закономерна для всех отраслей науки и деятельности. Транспортная сфера, определяемая как приоритетная точка роста экономики нашей страны (в соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 г.), в ходе своего развития нуждается в дальнейшем изучении пространственной структуры транспортных сетей и пространственных процессов, формирующих эти сети и транспортные системы в целом.

С 2017 г. на Географическом факультете МГУ ведутся работы по созданию геоинформационно-картографического обеспечения для оценки состояния и функционирования транспортной системы России (грант РФФИ 17-05-41115). Эта работа, достаточно сложная и в теоретическом и в методическом плане, опирается на комплекс технологических подходов в соответствии с этапами исследования и структурными уровнями организации транспорта. Она включает определение масштабного ряда детализации информации для картографирования транспортных сетей России (федерального, регионального, муни-

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **eaprohorova@mail.ru**
[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **vnsemin@mail.ru**

ципального), сбор фактического материала и проектирование базы данных. В рамках этого проекта в статье рассматриваются методы изучения содержательных аспектов сухопутных путей сообщений – железных и автомобильных дорог и определение необходимых характеристик для их геоинформационного картографирования. Сеть железных и автомобильных дорог, а также функционально связанная с ними сеть транспортных узлов – пунктов схождения нескольких транспортных путей, где происходит их взаимодействие, – это основообразующая структура транспортной системы любого региона.

Потребность в анализе информации о сети дорог носит постоянный характер, но особенно этот анализ необходим на начальном этапе исследования для отбора оптимального количества информации, который позволит проанализировать современное состояние и перспективы развития транспорта и послужит основой создания картографического ресурса, позволяющего оценить взаимодействие всех видов транспорта РФ. Карты при этом выступают в качестве весомой части того комплекса данных, который определяют как геоинформационные ресурсы. Цель данного исследования – разработка критериев отбора информации для наполнения базы геоданных, разрабатываемой в рамках гранта РФФИ по картографическому обеспечению оценки состояния транспортной системы России.

В ходе работы определяются роль, значение, необходимое количество информации для представления в базе данных, выполняется анализ данных и оценка условий, при которых происходит детализация собранной информации для представления на трех уровнях масштабного изображения. Конечный продукт при этом – карта масштаба 1 : 8 000 000 и геоинформационный ресурс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с этапами работы в рамках проектного исследования по картографическому обеспечению оценки состояния транспортной сети России авторами были рассмотрены территориальные особенности формирования и развития сети железных и автомобильных дорог РФ с учетом возможности представления этой информации в едином создаваемом геоинформационном ресурсе.

В процессе отбора и системно-структурного анализа материала были изучены картографические и статистические источники, в том числе исторические и литературные; в качестве дополнительных источников информации были использованы интернет-ресурсы, научные работы и учебные пособия по теме транспорта [Бугроменко, 1987; Schreckenberg et al., 2001; Тархов, 2005; Прохорова, Семин, 2011]. Основная задача, которую необходимо было при этом выполнить, – объединить разнородные данные из множества источников, перевести их в цифровую форму, упорядочить и сохранить в строго формализованном виде в базе данных для дальнейшего использования в различных задачах.

С целью повышения релевантности собираемого материала были изучены программные документы комплексного характера (Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства России от 11.06. 2014 г.) и отраслевого характера (Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная распоряжением от 17.06.2008 года). Эти данные являются частью государственных информационных ресурсов и дают представление о текущем положении и перспективах развития в транспортной отрасли. Основным источником количественной информации является официальная статистика, полученная на сайтах Федеральной службы государственной статистики (www.gks.ru.ru); Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [Росреестр: https://rosreestr.ru/site]; компании ОАО «РЖД» (www.rzd-expo.ru/history). Также были задействованы и другие специализированные и ведомственные материалы.

Для формирования тематического содержания и дальнейшего его представления на основе использования сетевых технологий были привлечены следующие картографические материалы: «Транспортная сеть СССР» масштаба 1 : 4 000 000, созданная в 1989 г. как настенная карта для Высшей школы, карта «Транспорт России и сопредельных государств» масштаба 1 : 3 700 000, издание «Атлас ПРИНТ», карта «Транспортная инфраструктура. 2010–2030 гг.», представленная на сайте компании Good Logistics. Дополнительно были использованы карты атласов: «Современная сеть железных дорог» и «Современная сеть автомобильных дорог» масштаба 1 : 15 000 000 [Национальный атлас России, том 3, 2008] и карта «Транспортная сеть России» масштаба 1 : 17 000 000 [Атлас социально-экономического развития России, 2009].

Для систематизации информации о сухопутных путях сообщения и формирования с ее помощью базы пространственных данных используется открытая картографическая основа ВСЕГЕИ масштаба 1 : 5 000 000 [http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/cfo/moskovskaya_obl/index.php], материалы которой были обработаны, обновлены и увязаны с данными открытой базы данных OpenStreetMap. Информационную базу работы составили также карты из архивов Центральной научно-технической библиотеки ОАО «РЖД», схемы железных дорог на официальном сайте РЖД, атласы автомобильных дорог различных регионов РФ. Кроме того, потребовались уточнение границ районов, существование тех или иных населенных пунктов, информация о численности населения.

Вся исходная пространственная информация о сухопутных путях сообщения подвергалась процессу экспертной оценки и отбора, генерализации транспортных путей, географического уточнения и детализации с последующей привязкой и локализацией всех участков дорог.

Сети железных и автомобильных дорог как часть общей системы транспорта имеют свою собственную уникальную структуру. Автомобильные дороги в Российской Федерации в зависимости от их значения подразделяются на дороги: федерального значения; регионального или межмуниципального значения; местного значения; частные. По условиям движения и доступа к ним автомобильные дороги разделяются на следующие классы: 1) автомагистраль; 2) скоростная автомобильная дорога; 3) обычная автомобильная дорога (нескоростная автомобильная дорога).

Одна из задач, стоявших перед авторами, – это показ современного состояния дорожной сети, поэтому было принято решение обязательного учета всех материалов по реконструируемым и вновь строящимся участкам дорог для последующего их изображения. При актуализации данных, что является основным требованием к созданию геоинформационного ресурса, требуются подтверждение имеющейся информации, поиск и получение дополнительных необходимых данных по всем участкам и объектам железных и автомобильных дорог. В результате подготовительных работ показатели, характеризующие автомобильный транспорт и его работу, были сгруппированы в четыре тематические группы (табл. 1), каждая их которых содержит соответствующие характеристики.

Классификация дорог (регионального, межмуниципального, местного значения) производилась согласно Национальному стандарту Российской Федерации / Классификация автомобильных дорог, основные параметры и требования [http://docs.cntd.ru/document/1200042582].

Железнодорожный транспорт – другая важная составляющая экономического развития и в РФ является основным магистральным видом транспорта. Железные дороги подразделяются по принадлежности (государственные железные дороги общего пользования ОАО «РЖД», ведомственные, частные), по ширине колеи (нормальные и узкоколейные), по числу путей (однопутные, двухпутные и многопутные), по роду тяги (электрифицированные и неэлектрифицированные). Кроме того, железные дороги классифицируют по специализации (грузовые и пассажирские), техническим характеристикам, и т. д.

Таблица 1. Группы показателей автодорог для формирования базы данных
Table 1. Groups of highways' indicators for the database creation

№ группы	Группы показателей
1	Наименование и местоположение автодорог
	Порядковый регистрационный номер
	Название (если есть)
	Месторасположение (конечные пункты)
	Административная принадлежность
2	Классификации автодорог
	Значение дороги
	Категория дороги
3	Характеристики автодорог
	Протяженность автомобильных дорог (км)
	Строящиеся
	Реконструируемые
	Зимники
4	Показатели инфраструктурной обеспеченности
	Наличие пересечений с железной дорогой
	Плотность дорог с твердым покрытием (км/1000 км^2)
	Перевозки грузов (млн т)
	Грузооборот (млн. т-км)

В процессе работы над созданием картографического обеспечения для геоинформационного ресурса «Транспортная система России» критерием отбора для показателей железных дорог стала специфика работы транспорта на территории РФ, а также географическое и геополитическое положение нашей страны. Так, должны быть показаны плотность железных дорог общего пользования как характеристика уровня развития железнодорожной инфраструктуры и данные о перевозках грузов и пассажиров как показатель выполняемой транспортной работы. Учитывая тот факт, что перспективными территориями для строительства новых железных дорог являются зоны, характеризующиеся малой освоенностью и сложными природными условиями (Восточная Сибирь, Дальний Восток), в базу данных должны быть включены все строящиеся дороги. Необходимость наполнения содержания базы данных таким составом показателей, который представил бы современный уровень и перспективы развития обеспеченности природно-хозяйственных систем России различными видами транспорта, приводит к решению обязательного показа узкоколейных железных дорог и подъездных путей, связывающих станции, расположенные на магистрали, с промышленным или сельскохозяйственным предприятием (лесовозные дороги, торфовозные, др.). Показатели, которые подлежат отображению в системе, организованы в четыре группы по следующим характеристикам (табл. 2).

Окончательный отбор элементов железных и автомобильных дорог для итогового представления в виде геоинформационного ресурса осуществляется по разным принци-

пам в зависимости от визуализации в том или ином масштабе картографирования. В крупных масштабах особое внимание уделяется принципу отбора наиболее значимых дорог, сохранению основных особенностей конфигурации транспортной сети, соотношению железных и автомобильных путей. При переходе к мелким масштабам одна из главных задач – выделение сквозных направлений, которые в дальнейшем будут формировать линии полимагистралей, – важнейшие транспортные оси страны – «единение параллельно идущих линий различных видов общего и специального транспорта в территориально-сближенные и однонаправленные пучки» [Полян, 1988].

Таблица 2. Группы показателей железных дорог для формирования базы данных
Table 2. Groups of railways' indicators for the database creation

№ группы	Группы показателей	
1	**Принадлежность железных дорог**	
	Железнодорожные пути общего пользования ОАО «РЖД»	
	Административная принадлежность	К дороге – филиалу ОАО «РЖД»
		К отделению этой дороги
	Железнодорожные пути не общего пользования	Ведомственные
		Подъездные
	Месторасположение (конечные пункты)	
2	**Тип дорог**	
	По состоянию	Действующие
		Строящиеся
	По роду тяги	Электрифицированные
		Неэлектрифицированные
3	**Характеристики дорог**	
	Эксплуатационная длина железнодорожных путей (км)	
	Колейность	Стандартная колея
		Широкая
		Узкая
	Количество путей	Двух- и многопутные
		Однопутные
4	**Показатели инфраструктурной обеспеченности**	
	Плотность железных дорог общего пользования (км/1000 км^2)	
	Транспортная проницаемость границ субъектов РФ	
	Отправление грузов (млн т)	
	Отправление пассажиров (тыс. человек)	

Количество показателей в содержании базы данных определяется в соответствии с рядом разномасштабных тематических картографических визуализаций, но при этом требуется отобразить достаточное количество показателей для каждого уровня, чтобы получить разноплановую и подробную информации о работе транспортной системы РФ.

Набор исходных данных для тематических блоков геоинформационного ресурса формируется на основе баз данных открытого доступа и вышеперечисленных картографических и статистических материалов. Авторы ведут разработку двух компонентов транс-

портной системы – железных и автомобильных дорог с привязанными качественными и количественными характеристиками. Для обеспечения масштабного перехода разрабатываются три уровня детализации.

Первый уровень – это обобщенная картографическая модель транспортной сети всей страны в целом (картографическое изображение всей территории Российской Федерации). Это обзорный уровень, и масштаб визуализации сухопутных путей сообщений для него – 1 : 8 000 000–1 : 10 000 000.

Второй уровень – это представление в более крупных масштабах на уровне крупных регионов: изображение транспортных сетей экономических районов и внутрирайонных транспортных связей. На этом уровне уместен комплексный анализ территории по обеспеченности железными и автомобильными дорогами в совокупности. Масштаб визуализации на этом уровне – 1 : 4 000 000–1 : 8 000 000.

Третий уровень – изображение транспортных сетей для субъектов федерации. В то же время это могут быть пути сообщения не только в пределах области или других административных границ, но и территориально-производственного комплекса, железнодорожные пути отдельного крупного промышленного объекта (комбината). На этом уровне отображается реальная современная ситуация, сложившаяся на конкретной территории. Масштабный диапазон 1 : 1 000 000–1 : 4 000 000.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенной работы собранная информация структурирована и систематизирована в ГИС-проекте программы ArcGIS, и на основе этой информации сформирована база данных сухопутных путей сообщений. В рамках текущего проекта в тематических блоках этой базы данных представлены следующие наборы пространственных данных.

Класс объектов «Автомобильные дороги федерального значения» (слой линейных объектов) содержит пространственные объекты – участки дорог, соединяющие столицу РФ со столицами республик, важнейшими промышленными и культурными центрами страны, курортами и другими объектами федерального значения, а также дороги, соединяющие между собой административные центры субъектов РФ. Этот класс объектов включает следующие характеристики: порядковый регистрационный номер и название дороги, протяженность участков дорог, категорию дороги (автомагистраль, покрытие, скоростная это дорога или нет).

Класс объектов «Автомобильные дороги регионального или межмуниципального значения» (слой линейных объектов), где перечислены все дороги, которые находятся в собственности субъектов Российской Федерации. Слой содержит объекты со следующими характеристиками: категорию дороги (магистраль, обычная автомобильная дорога), а также название и другие характеристики, перечисленные в классе объектов «Автомобильные дороги федерального значения». Отнесение действующих автомобильных дорог к различным категориям осуществляется в соответствии с показателями транспортно-эксплуатационных характеристик единого государственного реестра автомобильных дорог.

Класс объектов «Автомобильные дороги местного значения» (слой линейных объектов) представляет дороги общего пользования, которые находятся в собственности муниципальных образований, и частные автомобильные дороги. Перечень автомобильных дорог общего пользования местного значения муниципального района утверждается органом местного самоуправления этого района. Атрибутивные таблицы всех трех классов содержат административную принадлежность: по территории какого субъекта федерации проходит тот или иной участок дороги, а также протяженность автодорог.

Автомобильные дороги – важная составляющая инфраструктуры, но распределены они по территории нашей страны крайне неравномерно. Класс объектов «Плотность

дорог с твердым покрытием» (слой площадных объектов), в котором представлены данные по субъектам РФ, дает возможность отобразить относительный показатель длины дорожной сети к территории в км/тыс. км^2. В этом случае дорожная сеть включает все дороги: федеральные, региональные, автомагистрали, а также местные, в том числе сельские дороги и зимники. Такой показатель характеризует уровень развития транспортной инфраструктуры и обеспеченность регионов автодорогами. Для представления железных дорог в базе данных представлены следующие классы объектов.

Класс объектов «Железные дороги общего пользования ОАО «РЖД» (слой линейных объектов) содержит такие характеристики дорог, как ведомственная принадлежность к дороге – филиалу ОАО «РЖД» и к отделению этой дороги, характеристика по роду тяги (электрифицированные и неэлектрифицированные), колейность дорог (стандартная колея, широкая, узкая). В текстовых полях атрибутивной таблицы указывается информация о месторасположении железных дорог – в виде описательных характеристик начального и конечного пункта участка железной дороги.

Класс объектов «Железные дороги других ведомств» (слой линейных объектов) получен на основе данных, предоставленных электронным ресурсом http://infojd.ru, и материалов статистических сборников Министерства путей сообщения (Статистический отчет о работе железнодорожного транспорта за 2015 год. Вып. 1–12/ МПС России. ОАО «РЖД». М.: 2015. Ежегодник). Этот класс объектов включает в себя сведения о местонахождении дороги (по административному делению), годы существования и основное их назначение.

Класс объектов «Строящиеся железные дороги» (слой линейных объектов) представляет крупные российские проекты по строительству дорог. Это в основном описательная информация, касающаяся участков этих дорог. Содержит также характеристики: год начала и предполагаемое время завершения строительства, протяженность строящейся или реконструируемой дороги.

Для всех классов объектов показана эксплуатационная длина участков железнодорожных путей – количественный показатель, показывающий протяженность железнодорожных линий, измеряемая по оси главного пути между конечными пунктами.

Класс объектов «Плотность железных дорог общего пользования» (слой площадных объектов). Содержит характеристику, полученную путем отнесения общей длины железных дорог региона к его площади в км/км^2, определяет степень насыщенности территории района железнодорожной сетью. Данные будут отображаться способом картограммы на картах первого и второго уровней.

Класс объектов «Проницаемость границ» (площадной слой). Данные представляют результаты обработки исходного класса железных дорог и класса административных границ субъектов РФ. Транспортная проницаемость местности – это оценка местности по степени контакта ее участков (в данном случае – отдельных регионов) между собой. Количественным выражением транспортной проницаемости конкретного участка местности служит «…показатель отношения периметра к числу транспортных пересечений его границ (к числу дорог, пересекающих эти границы)…» [Приваловская и др., 1995].

При отображении сети автомобильных и железных дорог особое внимание следует обратить на характеристику транспортных узлов. Класс объектов «Транспортные узлы» (слой точечных объектов) содержит данные, позволяющие анализировать территорию региона по степени взаимодействия автомобильных и железнодорожных дорог в масштабе страны, регионов и городов, так как основная масса грузовых и пассажирских перевозок осуществляется с участием двух и более видов транспорта. В этом классе объектов представлены следующие характеристики: значимость узла (крупнейшие, крупные, средние, малые) и тип узла по сочетанию видов магистрального транспорта: (сухопутные, сухопут-

но-речные, сухопутно-морские). Класс объектов содержит также такую статистическую характеристику, как наличие пересечений автомобильных и железных дорог, полученную посредством подсчета количества точек пересечений автодорог федерального значения и железных дорог в пределах области (республики, края).

Что касается работы транспорта, то объектами статистического наблюдения для сухопутных путей сообщений чаще всего являются отправление и перевозки грузов. Для визуализации этой характеристики создаются дополнительные классы объектов «Перевозки грузов и грузооборот» для автомобильного транспорта и «Отправление грузов и пассажиров» для железнодорожного транспорта. Оба класса объектов – полигональные, информация в них содержится в виде количественных данных.

ВЫВОДЫ

В работе сделана попытка комплексного рассмотрения отбора показателей преимущественно в содержательном аспекте для представления сети автомобильных и железных дорог в базе данных ГИС-проекта «Создание геоинформационно-картографического обеспечения для оценки состояния и функционирования транспортной системы России».

Рациональная пространственная организация транспорта предусматривает иерархию представления сети дорог и узлов. В связи с этим для хранения в базе данных и целей визуализации сформирована система показателей оценки современного состояния транспортной ситуации на территории РФ. Эта система включает данные об автомобильных и железных дорогах общего пользования, а также ведомственных, частных путях сообщения, но в то же время отличается разным количеством показателей в зависимости от представления информации в разных масштабах и на разных информационных уровнях. Наиболее крупные и значимые пути сообщения и транспортные узлы составляют наполнение первого и второго уровней детализации; а третий уровень содержит большое количество участков транспортных путей местного значения, подъездных дорог, зимников на тех лишенных транспортных путей территориях, где дороги этого уровня являются главными транспортными артериями.

Исследование опирается на геоинформационную поддержку и соответствует нуждам текущей экономической ситуации в стране. Множество данных хранится в отдельных информационных ресурсах – государственных, отраслевых, статистических базах данных. Такой разбросанный и изолированный характер данных представляет собой отдельные фрагменты информации, часто не связанные между собой, что делает невозможным проведение комплексного анализа и принятие обоснованных решений. Разработка сценариев развития территории в транспортном отношении требует применения новых технологий пространственного анализа, учета достоверных и актуальных данных об объектах транспорта. Предлагаемая информационная модель сухопутных путей сообщений обусловлена целями и задачами, выдвинутыми в рамках проекта № 17-05-41115.

Работа имеет научно-исследовательскую направленность, в то же время результаты могут быть использованы в практической деятельности. Содержащиеся в ней разработки, выводы и рекомендации могут быть использованы органами, ответственными за формирование и реализацию целевых программ инновационного развития транспортных систем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 17-05-41115.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-05-41115.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас социально-экономического развития России. Роскартография. М., 2009.
2. *Бугроменко В.Н.* Транспорт в территориальных системах. М.: Наука, 1987. 112 с.
3. Национальный атлас России. Т. 3. Население. Экономика. Роскартография. М., 2008.
4. *Полян П.М.* Методика выделения и анализа опорного каркаса расселения: Ч. 1 / Отв. ред. Г.М. Лаппо. М.: Ин-т географии РАН, 1988. 220 с.
5. *Приваловская Г.А., Тархов С.А., Трейвиш А.И.* и др. Территориальная структура хозяйства староосвоенных районов. РАН, Ин-т географии. М.: Наука, 1995. 181 с.
6. *Прохорова Е.А., Семин В.Н.* Картографические базы данных для социально-экономических карт // Вестник Моск. ун-та. Серия: География. 2011. № 3. С. 33–39.
7. *Тархов С.А.* Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск: Универсум, 2005. 386 с.
8. *Schreckenberg M., Lienemann C., Wahle J.* Intelligente Verkehrsinformation durch Wake up. In: W. Deiters and C. Lienemann (eds.), Informationslogistik, Symposium, Dusseldorf, 2001. 32 p.

REFERENCES

1. Atlas of social and economic development of Russia. Roscartography. Moscow, 2009 (in Russian).
2. *Bugromenko V.N.* Transport in territorial systems. Moscow: Nauka, 1987. 112 p. (in Russian).
3. National Atlas of Russia. Population. Economy. V. 3. Roscartography. M., 2008.
4. *Polyan P.M.* Methods for isolating and analyzing the supporting framework of the settlement: Part 1. Avr. G.M. Lappo. Moscow: Institute of Geography RAS, 1988. 220 p. (in Russian).
5. *Privalovskaya G.A, Tarkhov S.A., Treivish A.I. and others.* RAS, Institute of Geography. Moscow: Nauka, 1995. 181 p. (in Russian).
6. *Prokhorova E.A., Semin V.N.* Cartographic databases for social and economic maps. Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya Geografiya. 2011. No 3. P. 33–39 (in Russian).
7. *Schreckenberg M., Lienemann C., Wahle J.* Intelligente Verkehrsinformation durch Wake up. In: W. Deiters and C. Lienemann (eds.), Informationslogistik, Symposium, Dusseldorf, 2001. 32 p.
8. *Tarkhov S.A.* Evolutionary morphology of transport networks. Smolensk: Universum, 2005. 386 p. (in Russian).

УДК 911.3:312 (4+410.571)

Игонин А.И.[1]

ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ БРЯНСКО-БЕЛГОРОДСКОГО УЧАСТКА РОССИЙСКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследования территориальной дифференциации демографических процессов на примере Брянско-Белгородского участка российского приграничья. Предложена методика сбора и обработки статистических данных о населении. Для анализа данных разработана ГИС мониторинга демографического развития приграничья. Создана серия карт по показателям состава и структуры населения, демографическим процессам и их динамике. На базе ключевых индикаторов оценены сдвиги в половозрастном составе населения. Индексный метод оценки изменений общего коэффициента рождаемости позволил выявить степень влияния на его динамику сдвигов половозрастного состава населения на конкретном примере. Подробный анализ территориальных особенностей естественного движения населения позволил выявить районы интенсивной депопуляции и ее масштабы. Оценены территориальные различия в интенсивности и результатах миграционного обмена. Система позволяет проводить периодический мониторинг изменений демографических процессов.

В результате оценки территориальной дифференциации определены ключевые особенности геодемографической композиции Брянско-Белгородского участка приграничья. Несмотря на общий незначительный рост населения, за счет динамики в г. Белгороде, ключевой тенденцией все же является снижение численности населения. Основным результатом проведенной работы стал исследовательский комплекс географической информационной системы мониторинга демографического развития территории приграничья и геодемографического анализа. Подтверждение его работоспособности является доказательством принципиального значения развития процесса цифровизации в геодемографических исследованиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: приграничье, геодемографический процесс, геодемографическая композиция, ГИС, мониторинг.

Aleksandr I. Igonin[2]

GEODEMOGRAPHIC PROCESSES OF THE BRYANSK-BELGOROD SECTION OF THE RUSSIAN BORDERLAND

ABSTRACT

The paper presents the results of studies of territorial differentiation of demographic processes through the example of the Bryansk-Belgorod section of the Russian borderland. A methodology for collecting and processing of statistical data on the population is proposed. For

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **geoigonin@gmail.com**

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **geoigonin@gmail.com**

the analysis of the data, a GIS for monitoring of demographic development of the borderland has been developed. A series of maps has been created based on the indicators of the composition and structure of the population, demographic processes and their dynamics. On the basis of key indicators, the shifts in the sex and age composition of the population have been estimated.

The index method for estimating the changes in the total fertility rate made it possible to reveal the extent to which the shifts in the age and sex composition of the population influenced its dynamics using a specific example. Detailed analysis of territorial features and peculiarities of natural movement of the population made it possible to identify areas of intensive depopulation and its scale. Estimates of territorial differences in the intensity and results of migration exchange have been made. The system allows periodic monitoring of changes in demographic processes.

As a result of the assessment of territorial differentiation, key features of geodemographic composition of the Bryansk-Belgorod section of the borderland were identified. Despite the general insignificant population growth, due to the dynamics in the city of Belgorod, the key trend is still the depopulation. The main result of the work performed is the research complex of the geographic information system of monitoring of demographic development of the border area and geodemographic analysis. Confirmation of its efficiency is a proof of fundamental importance of development of the digitalization process in geodemographic studies.

KEYWORDS: borderland, geodemographic process, geodemographic composition, GIS, monitoring.

ВВЕДЕНИЕ

Выявление основных тенденций демографического развития приграничных территорий, характеристика геодемографической композиции Брянско-Белгородского участка российского приграничья и достижение определенного уровня развития представлений о геодемографическом изучении территорий посредством геоинформационных технологий составляют комплексную цель исследования. Для реализации ее потребовалось решить ряд задач по организации базы данных по районам и городам приграничья, расчету ключевых индексов демографического развития, созданию ГИС мониторинга демографического развития российского участка приграничья, анализу и интерпретации полученных результатов математико-картографического и геоинформационного моделирования [Тикунов, 1997].

В рамках региональных исследований демографического развития территорий на базе серии работ по исследованию изменений административных границ в приграничье появилась возможность рассмотреть территориальную дифференциацию населения российского приграничья посредством геоинформационных технологий. Объектом исследования определена северная часть российского участка российско-украинского приграничья. Территориально объект исследования вытянут с северо-запада на юго-восток. Приграничные районы областей по многим характеристикам схожи, но есть и принципиально отличающиеся как по уровню экономического развития, так и по демографическим особенностям территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании российское приграничье рассматривается в разрезе 23 муниципальных образований, а именно 6 районов и г. Стародуба как отдельного образования в Брянской области, 6 районов Курской области, 9 районов и г. Белгорода в Белгородской области. Всего 23 административные единицы.

Основой для базы данных исследования послужила «База данных показателей муниципальных образований» Федеральной службы государственной статистики России [http://www.gks.ru/dbscripts/munst/]. Сформирован массив данных по численности, составу, естественному и механическому движению населения за период с 2008 по 2017 г. В связи с тем, что источником базы служит информация от территориальных органов государственной статистики, часть данных представлена в несопоставимых видах и существуют пробелы по некоторым показателям. Для снижения влияния таких факторов при расчете показателей и индикаторов в исследовании используются исходные валовые данные по численности и происходящим демографическим процессам [Игонин, 2011]. Базовый показатель – это численность населения по полу и возрасту, на основе данных о численности и составе населения рассчитывается большинство демографических показателей, характеризуется динамика процессов. Структурирована информация по общей численности населения, а также численности мужчин и женщин за период с 2012 по 2017 г. включительно. Выделены данные по самым младшим возрастным группам – от 0–1 года, от 1 до 2 лет, от 0 до 3 лет, от 3 до 5 лет, от 1 до 6 лет. Рассчитаны данные по возрастным когортам от 0 до 14 лет и от 15 до 49 лет. В отдельную группу вошли данные по численности населения младше, старше и в трудоспособном возрасте (мужчины 16–59 лет, женщины 16–54 года). Массив загружен в среду ГИС и является открытым для актуализации по мере обновления данных Росстата. База данных является информационной основой ГИС мониторинга демографического развития российского приграничья.

Структура ГИС основывается на разделах базы данных. Каждому тематическому разделу соответствует набор слоев. Справочный раздел включает информационный модуль о территориальных единицах, данные по площади, плотности населения и соотношении сельского и городского населения. Раздел численности населения включает сюжеты динамики за различные периоды. Раздел половозрастного состава населения содержит наборы картограмм по возрастному составу населения, доле младенцев, детей от 1 до 6 лет, от 0 до 14 лет в общей численности населения. Особенное внимание уделено возрастным группам женщин в репродуктивных возрастах. Индексы демографической нагрузки представлены на основе данных по трем возрастным когортам – моложе трудоспособного, в трудоспособном и старше трудоспособного возраста. Половой состав представлен индексами соотношения полов в динамике. Рождаемость, смертность и движение населения составили самостоятельные, но тесно взаимосвязанные разделы системы. В дальнейшем по результатам математико-картографического моделирования, кластеризации и других методов будет сформирован раздел «геодемографической композиции», отражающий особенности территориальной дифференциации демографического развития исследуемых районов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На начало рассматриваемого периода по состоянию на 2012 г. население территории составляло 1 млн 76 тыс. человек, а в 2017 г. уже 1 млн 82 тыс. человек. Таким образом, за 6 лет население выросло на 6 тыс. человек. Крупнейшей по численности населения территориальной единицей данного участка приграничья является Белгород, его население в 2017 г. достигло 391 тыс. человек, что на 25 тыс. человек больше, чем в 2012 г. Выделяется также Белгородский район с населением 116,5 тыс. человек. На другом «полюсе» оказался Хомутовский район Курской области, население которого к началу 2017 г. снизилось до 9117 человек с 10 910 человек в 2012 г.

Плотность населения, естественно, максимальна в городах Белгороде и Стародубе, а также в пригородном Белгородском районе. В большинстве районов белгородского участка плотность населения выше средней по всей рассматриваемой территории. Низ-

кой плотностью отличаются районы брянского, часть районов курского и юго-восточные районы белгородского участков. И здесь выделяется Хомутовский район с крайне низкой для центральных регионов России плотностью населения менее 8 человек на 1 км^2.

В муниципальных районах приграничья сравнительно невелика доля городского населения [Попкова, Карякина, 2015]. Это во многом обусловлено незначительной величиной районных центров, среди которых крупными являются Валуйки и Шебекино. Особенно выделяется курский участок, например, в Беловском районе все население сельское.

В целом рассматриваемые 23 административные единицы при условном объединении составили бы по численности населения регион, сопоставимый, например, с Курской областью, со своей региональной столицей в Белгороде, рядом крупных городов и районных центров. Использование такого приема группировок и трансформации пригодится для работы по оценке геодемографических характеристик населения территории [Федоров, 1983].

Общая численность населения Брянско-Белгородского участка приграничья выросла на 6 тыс. человек за 6 лет. Однако в большинстве районов зафиксирована убыль населения, а рост обеспечен в основном за счет Белгорода и пригородного Белгородского района. Во всех районах севернее Суджанского, входящего в курский участок, зафиксирована убыль населения. Убыль невысокой интенсивности характерна и для районов к юго-востоку от Белгорода. Мониторинг за отдельно взятый 2016 г. показал, что численность населения увеличилась лишь в 6 районах и Белгороде.

Наблюдается значительная дифференциация возрастного состава населения. Так, доля детей от 1 до 6 лет по районам и городам варьирует от 4,5 до 8 %. Причем высокая доля, более 7 %, отмечена на северо-западе в Брянской области. Интересно, что численность детей в данной возрастной категории за 6 лет снизилась только в трех районах, а максимальный рост, более 15 %, выявлен в Белгороде, а также в Стародубском и Суджанском районах.

Важный для расчетов ключевых индикаторов показатель численности и доли женщин в репродуктивном возрасте значительно дифференцирован. В 2012 г. он варьировал между районами от 35 до 51,5 %, при максимальных значениях в районах Белгородской области. К 2017 г. показатель в большинстве районов снизился и составил от 30 % в Хомутовском районе до 48 % в Белгороде. В общем объеме численность женщин репродуктивного возраста снизилась везде, кроме Белгорода. Наибольшее снижение характерно для районов Курской области, в особенности для Хомутовского района (39 %).

В большинстве районов растет как общая численность, так и доля людей старше трудоспособного возраста. Практически во всех районах курского участка доля пожилого населения превышает 30 % и продолжает расти. Компактно на северо-западе расположились районы с отрицательной динамикой населения в возрастах старше трудоспособного. Ключевым демографическим индикатором, позволяющим оценить особенности и перспективы социально-экономического развития территории, является демографическая нагрузка на население в трудоспособном возрасте. Высокий уровень нагрузки, более 800 на 1000 человек в трудоспособном возрасте, в 2012 г. отмечался в районах курского участка и на западе брянского участка. Наименьшая нагрузка, в 566 человек, отмечена в Белгороде. В 2017 г. дифференциация практически не изменилась, но сильно увеличилась нагрузка. В трех районах Курской области – Хомутовском, Глушковском и Беловском – число лиц в нетрудоспособном возрасте превзошло население в трудоспособном. Показателен тот факт, что во всех без исключения городах и районах уровень демографической нагрузки усилился за последние 6 лет. Причем максимальными темпами он рос в противоположных по многим показателям территориях – Хомутовском районе, с одной стороны, и в Белгороде и Белгородском районе, с другой. Что объясняется быстрым ростом доли пожилого населения в Хомутовском районе и трансформацией возрастного состава Белгорода и его

пригородов в сторону увеличения числа детей за счет увеличения интенсивности рождаемости и численности пожилого населения за счет миграции с соответствующим составом.

Половой состав населения приграничья относительно неоднороден. Ярко выраженным преобладанием численности женского населения над мужским выделяются Белгород и большинство брянских районов, где соотношение превышает 1200 женщин на 1000 мужчин. Причем увеличение разницы в численности мужчин и женщин за последние 6 лет произошло как раз на северо-западе приграничья и в Белгороде, что усилило территориальные различия.

Общие и специальные показатели рождаемости рассчитываются на основе абсолютного числа рождений за год [Практическая демография, 2005]. Общий коэффициент рождаемости является справочным и позволяет выполнить межрегиональные сравнения и оценить динамику процесса, но не дает возможности исследовать причины и суть происходящих процессов воспроизводства населения. Поскольку данные по общему коэффициенту рождаемости повсеместно используются для междисциплинарных справок и оценок демографического развития, актуальным и востребованным является анализ изменений значений этого показателя с помощью специальных индексов для информирования о реальных причинах его изменений и недопущения околонаучных популистских выводов [Horn, Köppen, 2007]. Динамика абсолютного числа рождений в 10-е гг. XXI в. на исследуемой территории разнонаправленная, но в целом число рождений снижается. Если сравнивать число рождений в 2010 и 2016 гг., в большинстве районов наблюдается снижение, местами более чем на 20 %. В четырех районах и двух городах, в том числе Белгороде и Белгородском районе, обнаружился небольшой рост. Общий коэффициент рождаемости в начале периода лишь в Погарском районе брянского участка превышал 13 ‰. В пяти районах брянского и курского участков он был менее 10 ‰. К 2014 г. показатель практически повсеместно подрос, более 13 ‰ отмечено уже в пяти районах, а менее 10 ‰ только в трех компактно расположенных Севском, Хомутовском и Рыльском районах. Далее, за два года общий коэффициент рождаемости заметно снизился до сопоставимых с 2010 г. отметок и даже ниже. Более 13 ‰ осталось снова только в Погарском районе (14,6 ‰). Менее 10 ‰ зафиксировано уже в 10 районах приграничья. Сравнительно высокими значениями показателя характеризуются западные районы брянского участка с городом Стародуб, а также Белгородский район.

Рассмотрим специальный коэффициент рождаемости, он в меньшей степени, чем общий, зависит от особенностей возрастного состава населения, хотя и являет собой обобщение возрастных коэффициентов и рассчитывается как число родившихся в расчете на 1000 женщин репродуктивного возраста (15–49 лет). Интенсивность деторождения, выраженная в данном случае специальным коэффициентом, незначительно повышалась, и в 2014 г. максимальные показатели (более 60 ‰) выявлены на западе брянского и на стыке курского и белгородского участков. Крайне низким показателем в 40,8 ‰ выделился г. Белгород. К 2016 г. картина территориальной дифференциации практически не изменилась, при этом значения показателя заметно снизились. Среди муниципальных образований минимальное значение упало до 37,8 ‰ в Рыльском районе. В большинстве районов показатель не превысил 50 ‰. В контексте рассмотрения специального коэффициента рождаемости важно отметить территориальные различия по доле женщин репродуктивного возраста во всем населении. Максимален этот показатель в Белгороде – 26,7 % в 2016 г., в то время как в большинстве районов курского участка доля не превышает 20 %. Отсюда следует вывод, что относительно высокие значения общего коэффициента рождаемости в г. Белгороде обусловлены в основном благоприятной половозрастной структурой населения в сравнении с другими территориями, при относительно невысокой интенсивности деторождения. Что выявляется благодаря нахождению территории в противоположных группах при геоинформационном анализе показателей.

Для выяснения степени влияния изменения возрастных коэффициентов рождаемости и половозрастного состава населения на динамику общего коэффициента рождаемости применен индексный метод анализа рождаемости. За два года, в период с 2014 по 2016 г., общий коэффициент вырос только в двух районах (Севском и Хомутовском) и Белгороде (рис. 1). Особенно сильно показатель снизился в Кореневском районе (более чем на 20 %). Индекс вклада специального коэффициента рождаемости в изменение общего коэффициента показывает, что рост общего коэффициента в основном обусловлен именно увеличением интенсивности деторождения. Аналогично и при максимальном снижении показателя отмечается сильное снижение интенсивности деторождения, выраженное в специальном коэффициенте рождаемости. Важно отметить, что практически во всех районах наблюдается корреляция индекса половозрастной структуры и динамики общего коэффициента рождаемости. Что подтверждает важнейшее значение изменения половозрастной структуры населения в снижении рождаемости в последние годы. Наименьшей корреляцией отличаются районы, где максимальное снижение индекса половозрастной структуры сочетается с относительной стабильностью или даже увеличением интенсивности деторождения. Не совсем типичная ситуация обнаружена в Севском районе, в районах на границе белгородского и курского участков, а также в Белгородском и Вейделевском районах. Снижение общего коэффициента здесь в основном (более чем на 50 %) обусловлено изменениями половозрастной структуры. В г. Стародубе, Глушковском и Шебекинском районах снижение общего коэффициента рождаемости произошло только за счет изменений половозрастной структуры, даже при незначительном росте интенсивности деторождений.

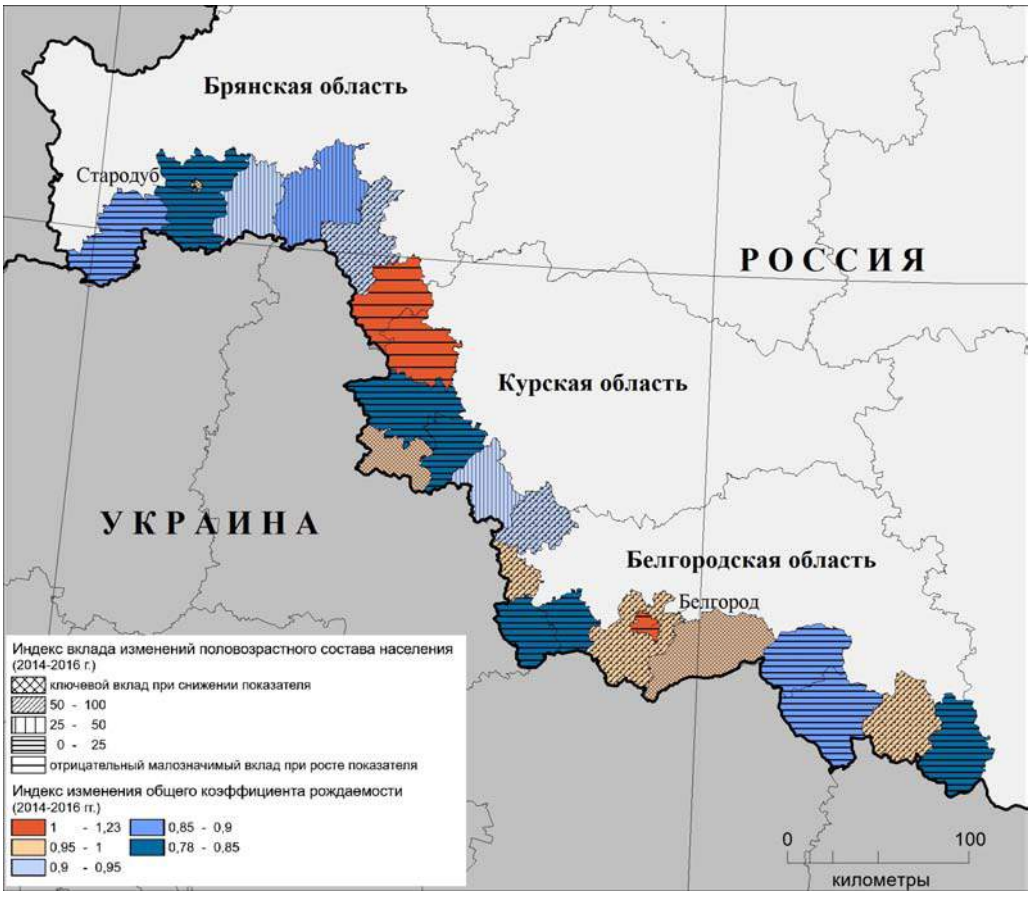


Рис. 1. Динамика общего коэффициента рождаемости и ее причины за 2014–2016 гг.
Fig. 1. The dynamics of the total fertility rate and its causes for 2014–2016

Смертность – процесс вымирания поколения – наряду с рождаемостью, отвечает за характер воспроизводства населения и регулирование его численности. В последние годы существует тенденция снижения общего коэффициента смертности в регионах России. В 10-е гг. XXI в. число смертей за год снизилось во всех исследуемых территориях, за исключением Белгорода и Белгородского района, последнее обусловлено значительным ростом численности населения за счет других факторов. Более чем на 15 % снизилось количество смертей в год во всех районах к западу от Трубчевска. Общий коэффициент смертности в начале периода имел четкую территориальную дифференциацию по регионам, минимальные значение в белгородском участке приграничья, причем в Белгороде и Белгородском районе менее 15 ‰ и значения более 18 ‰ во всех районах брянского и курского участков, кроме г. Стародуба. К 2017 г. при заметном снижении показателя картина дифференциации в общем не изменилась, разве что стала менее выраженной в границах участков (регионов). Интересно другое – общий коэффициент смертности вырос в семи районах, среди которых четыре района из белгородского участка. Максимальное снижение показателя на 3 ‰ и более отмечено в районах брянского участка приграничья. Таким образом, смертность снижается не повсеместно, территориальная композиция относительно стабильна, но есть исключения с благоприятной ситуацией, но отсутствием ее улучшения, что приводит к снижению территориальной дифференциации и сглаживанию различий.

Естественный прирост (убыль) населения является одним из компонентов динамики численности населения. Он служит результирующим параметром естественного движения населения. В 2010 г. во всех рассматриваемых районах и городах зафиксирована естественная убыль населения, но амплитуда показателя значительна – от 0,3 ‰ в Белгороде до 18 ‰ в Стародубском районе. Интересно, что в г. Стародубе естественная убыль значительно меньше, чем в районе. В целом в районах белгородского участка ситуация более благоприятна, чем в остальных. К 2014 г. ситуация по всей территории несколько ухудшилась. Территориальная композиция изменилась, максимальная убыль населения в центральных районах приграничья, к северу и к югу убыль снижается, а в Белгороде и Белгородском районе обнаружился незначительный рост в пределах 1 ‰. В 2016 г. в Белгороде по-прежнему минимальный естественный рост, незначительная убыль в трех районах белгородского участка, а также в Погарском районе и г. Стародубе. В четырех районах курского участка убыль превысила 10 ‰, но нигде не была больше 15 ‰. Таким образом, можно говорить о некоторой стабилизации процесса естественной убыли и продолжающейся трансформации демографической композиции по этому показателю.

Достаточно информативен для региональных сопоставлений и свободен от влияния численности населения коэффициент депопуляции. В 2010 г. он увеличивался с юга на север, где в нескольких районах превысил значение 2, это указывает на то, что количество смертей в 2 раза превысило количество рождений. К 2016 г. композиция изменилась, максимальные коэффициенты депопуляции стали характерны для центральных районов территории, относящихся к курскому участку. К северу и югу ситуация более благоприятна, что подтверждают результаты анализа коэффициентов естественной убыли населения.

Важнейшим фактором для оценки демографического развития территории являются показатели масштабов и интенсивности миграционных процессов. Коэффициент интенсивности по выбытию в 2012 г. везде превышал 20 ‰ и в общем увеличивался с юга на север до 62 ‰ в Климовском районе. Территориальные различия ярко выраже-

ны, и значения коэффициента очень велики, что во многом обусловлено особенностями рассматриваемой территории. К 2016 г. интенсивность по выбытию снизилась незначительно, а территориальная композиция трансформировалась. К списку регионов с высокой интенсивностью прибавился Грайворонский район, а Глушковский и Кореневский, наоборот, сравнялись с белгородским участком. Коэффициент интенсивности по прибытию в 2012 г. имел территориальную закономерность увеличения с юга на север, на юге выделялся высокой интенсивностью Белгород и Белгородский район, и в части районов белгородского участка интенсивность была меньше 20 ‰. К 2016 г. территориальная композиция значительно изменилась, среди прочих выделились районы-реципиенты на стыке участков. Упала интенсивность по прибытию в Белгороде и Белгородском районе, а в Климовском районе брянского участка интенсивность упала почти в 2 раза. Совокупность процессов выбытия и прибытия населения отражает ключевой показатель – сальдо миграции. В 2012 г. миграционный баланс был положителен лишь в пяти районах и г. Белгороде, причем территориальная композиция в курском и белгородском участках сформировалась пестрая, в брянском же участке во всех районах отмечался миграционный отток, пусть и местами незначительный. В 2016 г. сальдо миграции было положительным уже в половине рассматриваемых территорий, но во всех районах брянского участка по прежнему сальдо было отрицательное. Важно отметить, что положительное миграционное сальдо в большинстве районов курского участка, а также западных районах белгородского участка обеспечено увеличением потока мигрантов из стран СНГ. Если в 2012 г. доля таких мигрантов в этих районах составляла от 10 до 38 %, то в 2016 г. – от 20 до 47 %. Эти обстоятельства непосредственным образом повлияли как на рост интенсивности миграционного обмена, так и на увеличение числа районов с положительным миграционным сальдо. Глубокий анализ происходящих процессов механического движения населения будет предложен в будущих исследованиях.

Анализ показателей движения населения выявил, что главным фактором территориальной дифференциации динамики численности населения в районах приграничья является механическое движение населения. Значение естественного воспроизводства населения сложно переоценить, но разброс показателей сальдо миграции больше, чем естественного движения, за счет положительных значений. Ярко выраженным (более 7 ‰) положительным демографическим балансом выделяются Суджанский район и г. Белгород за счет высокого положительного сальдо миграции и незначительной естественной убыли населения (рис. 2). Еще пять районов белгородского участка за счет положительно миграционного сальдо и естественной убыли ниже среднего также имеют незначительный прирост населения в 2016 г. В группу территорий с убылью численности населения в пределах 7 ‰ вошли районы и город с различным генезисом показателей. Так, в Стародубе отрицательный показатель практически одинаково обусловлен двумя факторами, в Грайворонском районе ключевой фактор – это естественная убыль, а в Рыльском и Беловском районе при значительном миграционном притоке наблюдается усиленная естественная убыль населения. В группу среднего уровня убыли численности населения от 7 до 10 ‰ вошли районы с преобладанием фактора естественной убыли населения, например Шебекинский и Трубчевский районы. В самую большую группу с показателями убыли населения более 10 ‰ вошли районы в основном из северной части приграничья. В таких районах значительны показатели как естественной, так и миграционной убыли населения, среди них выделяется Погарский район, где естественная убыль незначительна, а миграционный отток максимален.

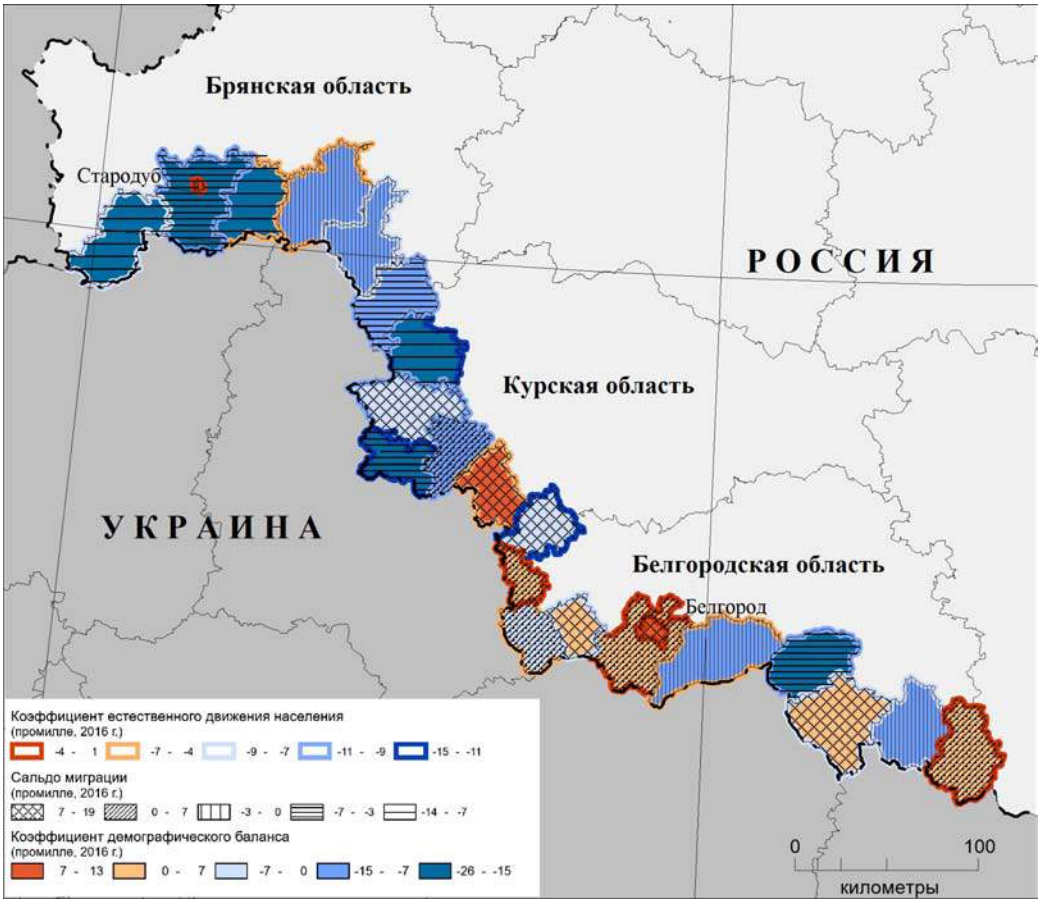


Рис. 2. Демографический баланс, 2016 г.
Fig. 2. Demographic balance, 2016

ВЫВОДЫ

Ключевым результатом проведенной работы стал исследовательский комплекс географической информационной системы мониторинга демографического развития территории приграничья и геодемографического анализа. Подтверждение его работоспособности является доказательством принципиального значения развития процесса цифровизации в геодемографических исследованиях. Такие методы исследования подтверждают свою состоятельность на различных территориальных уровнях и пространствах.

Оценка территориальной дифференциации позволила определить ключевые особенности геодемографической композиции Брянско-Белгородского участка приграничья. Несмотря на общий незначительный рост населения, за счет динамики в г. Белгороде, ключевой тенденцией все же является снижение численности населения. Этот вектор обусловлен множеством разнонаправленных составляющих демографических процессов. При том, что главный фактор динамики численности населения в приграничье – это миграция, значение ее не везде определяющее. И ключевое воздействие на усиление депопуляции имеет естественная убыль. Геодемографическая композиция подчеркивает сильные различия в демографической ситуации между районами, межрегиональные границы во многих показателях проявляются, но в целом размыты. При общей особенности ухудшения демографической ситуации с юга на север, от относительно благополучного Белгорода до западных районов брянского участка с усиленной депопуляцией проявляются груп-

пы районов на стыке региональных границ со схожей динамикой процессов. Индексный анализ динамики общего коэффициента рождаемости указал на территориальную дифференциацию процесса. В настоящее время значение изменений интенсивности процесса деторождения – определяющее для общего коэффициента, но основной тренд изменений половозрастного состава населения соответствует процессу снижения коэффициента. Что подтверждает обоснование формирования относительно высоких показателей общего коэффициента рождаемости в регионах России в начале 2010-х гг. в основном за счет положительных сдвигов половозрастного состава и вступления в репродуктивный возраст более многочисленных когорт населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Игонин А.И.* Методические аспекты исследования пространственных закономерностей демографического развития средствами ГИС // Геодезия и картография. 2011. № 3. С. 33–37.
2. *Попкова Л.И., Карякина А.В.* Населенность территории российско-украинского приграничья: плотность сельского населения, типы заселения // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2015. № 5. С. 19–27.
3. Практическая демография / Под ред. Л.Л. Рыбаковского. М.: ЦСП, 2005. 280 с.
4. *Тикунов В.С.* Моделирование в картографии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 405 с.
5. *Федоров Г.М.* Основы геодемографии. Калиниград: Изд-во Калининград. ун-та, 1983. 132 с.
6. *Horn M., Köppen B.* Demographischer Wandel in Deutschland – die lokale und regionale Perspektive. Universität Koblenz-Landau, 2007. P. 13–35.

REFERENCES

1. *Fedorov G.M.* Basics of geodemography. Kalinigrad: Izd-vo Kalinigrad. un-ta, 1983. 132 p. (in Russian).
2. *Horn M., Köppen B.* Demographischer Wandel in Deutschland – die lokale und regionale Perspektive. Universität Koblenz-Landau. 2007. P. 13–35.
3. *Igonin A.I.* Methodical aspects of the study of spatial patterns of demographic development using GIS. Geodeziya i kartografiya. 2011. No 3. P. 33–37 (in Russian).
4. *Popkova L.I., Karyakina A.V.* The population of the territory of the Russian-Ukrainian borderland: the density of the rural population, types of settlement. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2015. No 5. P. 19–27 (in Russian).
5. Practical demography. Edited by L.L. Ryibakovskiy. M.: TsSP, 2005. 280 p. (in Russian).
6. *Tikunov V. S.* Modeling in cartography. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1997. 405 p. (in Russian).

УДК: 51-7:502.313:614.87

Кулыгин В.В.[1]

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА РИСКОВ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ МОРЕХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

АННОТАЦИЯ

В начале XXI в. в России, как и во всем мире, наблюдается увеличение числа катастроф природного и техногенного характера. Чтобы справиться с ростом затрат, связанных с ущербом от них, лицам, принимающим решения, нужны подходящие инструменты оценки рисков опасных явлений.

Для прибрежных районов в особой степени характерно возникновение ряда опасных природных явлений, представляющих угрозу для населения и природопользования. При этом они испытывают пресс постоянно возрастающих антропогенных нагрузок. В этой связи актуальной проблемой является формирование интегрированной системы управления морским природопользованием, включающей блок оценки рисков опасных природных явлений, которая могла бы обеспечить экономико-экологическую безопасность.

Настоящая работа посвящена разработке структуры геоинформационного ресурса рисков опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности. В статье рассмотрены программное и информационное обеспечение проектируемой геоинформационной системы. Преимущества реализации системы в виде картографического веб-приложения, основанного на веб-сервисах, связаны с упрощением предоставления структурированной информации пользователям и отсутствием необходимости установки дополнительного клиентского программного обеспечения. При построении структуры использовалась концепция слоев. Представлено описание трех основных слоев приложения: представления, логики предметной области и источника данных.

Информационной основой системы является база геоданных, включающая в себя базовый и тематические разделы. К базовому разделу относятся данные, служащие топографической и географической основой картографического материала. В тематические разделы включены группы данных, характеризующие опасные явления и объекты, подверженные природным опасностям. Это позволяет предоставлять информацию в терминах последствий опасных явлений, что находится в соответствии с рекомендациями ВМО.

На основе разработанной структуры в дальнейшем предполагается реализация соответствующего геоинформационного ресурса для Азовского моря.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационная система**,** веб-технологии, опасные природные явления.

---

[1] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, ул. Чехова, д. 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* **kulygin@ssc-ras.ru**

Valerii V. Kulygin[1]

DEVELOPMENT OF THE GEOINFORMATIONAL RESOURCE OF NATURAL HAZARDS RISKS FOR MARINE ECONOMIC ACTIVITIES

ABSTRACT

At the beginning of the XXI century in Russia, as in the whole world, there is an increase in the number of natural and man-made disasters. In order to cope with the growth of costs associated with damage from them, decision makers need appropriate tools to assess the risks of hazardous events.

For coastal areas, a number of hazardous natural events, representing a threat to the population and the environment, is particularly characteristic. At the same time, they experience a press of increasing anthropogenic loads. In this regard, an actual problem is the formation of an integrated system for marine environmental management, including a unit for assessing the risks of natural hazards, which could provide economic and environmental safety.

The present work is devoted to the development of the geoinformation resource' structure of natural hazards risks for marine economic activities. In the article software and information base for the projected geoinformation system are considered. Advantages of implementing the system in the form of a web application, base on web-services, are: simplifying the providing of structured information to users and no need to install additional client software. The concept of layers was used in constructing the application structure. The description of three main layers is presented: representations, domain logic and data source.

The informational basis of the system is the geodatabase, which includes the base and thematic sections. The base section includes a topographic and geographical basis for cartographic material. The thematic sections include data groups that characterize hazards and elements at risk. This makes it possible to provide information in terms of the consequences of hazards, which is in accordance with the recommendations of WMO.

It is proposed to implement in the future a corresponding geoinformation resource for the Sea of Azov, based on the developed structure.

KEYWORDS: geoinformation system, web-technology, natural hazards.

ВВЕДЕНИЕ

Риски опасных природных явлений (ОЯ) сопровождают любую морскую деятельность. По мере освоения морских пространств и совершенствования технологий относительный вклад тех или иных факторов риска изменяется, но все они подлежат учету [Денисов, Ильин, 2008]. В последние годы оценка рисков опасных природных явлений стала одной из основных тем, представляющих интерес для специалистов разного профиля во всем мире. Сами по себе природные процессы не представляют риска до тех пор, пока не начинают угрожать объектам, имеющим определенную ценность. Поэтому важно иметь представление, где могут происходить ОЯ и с какой частотой, а также какие существуют объекты, подверженные этим опасностям и какова их уязвимость, что приводит к задаче идентификации районов, подверженных риску.

Поскольку риск ОЯ является пространственно-изменяющимся фактором, то геоинформационные технологии становятся стандартным инструментом для представления информации о рисках.

[1] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* **kulygin@ssc-ras.ru**

Целью настоящей работы является разработка структуры геоинформационного ресурса рисков опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Концепция представления рисков опасных природных явлений в геосистемах основывается на результатах анализа определенной площади земной поверхности, подвергающейся воздействию совокупности опасных природных явлений. Рассматриваемая в настоящей работе геосистема представляет собой морскую и прибрежную экосистемы с надстроенными над ними отраслевыми морехозяйственными комплексами [Кулыгин, 2017].

Определение регионов ведения конкретного вида деятельности является необходимым шагом для эколого-экономической оценки хозяйственной деятельности в целом и определения объектов, подверженных опасным явлениям в частности.

Одним из основных процессов управления рисками ОЯ является обмен информацией среди организаций, участвующих в оценке риска, органов власти, средств массовой информации и заинтересованных групп. В настоящее время при развитии современных веб-технологий стало намного проще распространять пространственную информацию в сети Интернет через приложения на базе веб-ГИС. Веб-ГИС представляет собой комбинацию веб-технологий и геоинформационных систем (ГИС) для обработки пространственных данных в сети Интернет, упрощения обмена данными и предоставления структурированной информации пользователям без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

Общепринятым путем формирования инфраструктуры пространственных данных является создание геопорталов, что означает обеспечение доступа к распределенным сетевым ресурсам пространственных данных и геосервисов (веб-сервисов), которые могут быть найдены на геопортале как исходной точке входа [Архипова, 2017]. Преимуществами использования картографических веб-сервисов является возможность организовать одновременный доступ к ним большому числу пользователей, подключенных к сети, одновременно и быстро для всех пользователей обновлять информацию, использовать мультимедийные технологии для отображения [Абдуллин, 2016].

В случае анализа группы ОЯ, возникающих на одной и той же территории, так называемых мульти-ОЯ, появляются дополнительные трудности в визуализации многомерной информации о нескольких ОЯ, требующей отображения не только четко различимого проявления отдельных опасностей, но и их наложений. В рамках концепции «мульти-ОЯ» определяют три подхода к представлению картографической информации, каждый из которых имеет определенные недостатки [Kappes et al., 2012]:

– визуализация каждой опасности/риска на отдельной карте,

– уменьшение размерности задачи, визуализируя некоторый комбинированный индекс общей опасности или риска;

– представление более чем одного процесса на одной карте.

В картографических веб-приложениях можно представить весь спектр информации по каждой опасности без потери содержания, в то время как пользователь может самостоятельно выбирать любую комбинацию опасностей или рисков и определять конкретную область интереса [Кулыгин, 2017].

Разработка структуры геоинформационной системы рисков опасных природных явлений выполнялась в терминах слоев, что позволяет одновременно получить представление как о содержательной составляющей архитектуры, так и о технологии реализации ГИС. Концепция слоев – одна из общеупотребительных моделей, используемых разработчиками программного обеспечения для разделения сложных систем на более простые части. Ее основной принцип заключается в том, что слой более высокого уровня пользуется

службами, предоставляемыми нижележащим слоем, но тот «не знает» о наличии соседнего верхнего слоя. Разделение системы на слои предоставляет целый ряд преимуществ: отдельный слой можно воспринимать как единое самодостаточное целое, не заботясь о наличии других слоев; возможна альтернативная реализация базовых слоев; зависимость между слоями можно свести к минимуму.

В составе разрабатываемой ГИС были выделены три основных слоя: представление, логика предметной области и источник данных.

Слой представления охватывает все, что имеет отношение к взаимодействию пользователя с системой. К главным функциям слоя представления относятся отображение информации и интерпретация вводимых пользователем команд с преобразованием их в соответствующие операции в контексте логики предметной области и источника данных. В ГИС-ориентированных системах обычно возможны три варианта его реализации: приложение с графическим интерфейсом, промышленный ГИС-пакет или HTML-представление в браузере.

Под слоем «источник данных» в общем случае понимается подмножество функций, обеспечивающих взаимодействие со сторонними системами и файловыми массивами. Для большинства программных приложений основная часть логики источника данных сосредоточена в системе управления базами данных (СУБД).

Логика предметной области описывает основные функции приложения, предназначенные для решения поставленных перед ним задач. Это уровень реализации аналитических функций. Кроме того, к нему относятся функции проверки и трансформации данных, обработка команд, поступающих от слоя представления, а также передача информации слою источника данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из изложенных принципов представления информации о рисках ОЯ, геоинформационный ресурс следует реализовывать в виде картографического веб-приложения, основанного на веб-сервисах. Реализация пользовательских интерфейсов в форме веб-приложения выглядит наиболее перспективно, поскольку отсутствует потребность в наличии дополнительного клиентского программного обеспечения. Картографический веб-сервис – вид сервиса, предоставляющий пользователям доступ к картографическим материалам средствами сети Интернет.

Программно-аппаратная структура картографических веб-приложений традиционно строится на основе архитектуры «клиент-сервер», типичной для обычных веб-приложений, но с добавлением компонентов ГИС (рис. 1).

Слой «источник данных» включает в себя расположенную на веб-сервере базу геоданных (БГД), в которой хранится пространственная и непространственная информация. Управление БГД осуществляется посредством СУБД (например, MySQL, Oracle, PostgreSQL, MSSQL), которая имеет расширения для работы с пространственными данными, а также способна принимать и обрабатывать запросы о хранящихся в базе объектах.

Слой логики картографического веб-приложения представлен HTTP-сервером. Он обеспечивает связь между пользователем и слоем «источник данных». На веб-сервер наряду с HTTP-сервером установлен ГИС-сервер. ГИС-сервер – это комплекс программного обеспечения, предназначенный для публикации пространственных данных в сети и обработки запросов к ним. В качестве ГИС-сервера могут быть использованы как свободные MapServer и GeoServer, так и коммерческий программный продукт ArcGIS Server. HTTP-сервер отправляет запросы, относящиеся к пространственным данным, от клиента на ГИС-сервер. Сформированный ГИС-сервером результат посылается через HTTP-сервер обратно клиенту.

Рис. 1. Структура ГИС рисков опасных природных явлений
Fig. 1. Structure of GIS of natural hazard risks

Слой представления включает в себя клиентское приложение, являющееся интерфейсом конечного пользователя для всего картографического веб-приложения или некоторых его геосервисов. Клиентами картографических веб-сервисов обычно являются веб-браузеры. Клиентская часть веб-приложения строится с использованием языка разметки гипертекста (HTML) и каскадных таблиц стилей (CSS). Для придания интерактивности веб-приложениям используют интерпретируемый веб-браузерами язык программирования JavaScript и специальные библиотеки для отображения карт (например, Leaflet, OpenLayers и т. д.).

Следует учитывать, что реализация как клиентской, так и серверной части должна быть выполнена в соответствии с применяющимися картографическими стандартами, разработанными Открытым геопространственным консорциумом (Open Geospatial Consortium, OGC). Следующие спецификации описывают различные типы картографических веб-сервисов: Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS) и т. д. Несоблюдение стандартов на клиентской стороне может привести к неправильной интерпретации, путанице и потере читаемости материалов. Разработанный соответствующим образом графический пользовательский интерфейс может предотвратить подобные ошибки, а с учетом предоставления дополнительной информации может существенно повысить качественный уровень интерпретации оценок рисков ОЯ [Кулыгин, 2017].

Необходимость интеграции разнородной информации с целью оценки и представления риска ОЯ определяет потребность в размещении данных в едином логическом пространстве. Это пространство формируется в виде базы геоданных (БГД), которая позволя-

ет унифицировать организацию хранения и доступ к данным, описывающим разные стороны пространственно-распределенных объектов: их пространственные характеристики (цифровые карты), перманентные свойства (атрибутивные данные), динамику процессов, протекающих в этих объектах (временные ряды данных).

БГД является необходимой составляющей ГИС, поскольку служит ее информационной основой, а также решает ряд важных задач:

– систематизация, интеграция и хранение информации об ОЯ с целью исследования закономерностей их пространственно-временного распределения;

– информационное обеспечение геоинформационного картографирования на основе имеющихся данных.

Логическая структура БГД включает в себя взаимосвязанные пространственные и непространственные данные. Последние чаще всего представляют собой табличные и графические материалы. Пространственная информация обычно разбивается на базовый и тематический блоки и представляется в БГД в векторных и растровых форматах.

К базовому блоку относятся данные, служащие топографической и географической основой картографического материала. Это данные о рельефе, гидрографии, населенных пунктах, административно-территориальном делении региона и т. д. Цифровая модель рельефа территории и светотеневая отмывка также включаются в базовый блок. Следует отметить, что базовая информация БГД не нуждается в частых обновлениях.

Другим блоком информационного обеспечения являются тематические данные, характеризующие объект исследования. В ходе наблюдений за ОЯ формируются большие объемы информации в разных пространственных масштабах, которые могут быть использованы для изучения их пространственно-временного распределения. В то же время в руководящих указаниях ВМО [WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. World Meteorological Organization WMO, 2015. No 1150] подчеркивается необходимость включения фактора уязвимости объектов, подверженных риску, в рассмотрение ОЯ. То есть главной информацией в сообщениях об ОЯ являются связанные с ними последствия, а не ожидающиеся значения гидрометеорологических характеристик. Таким образом, тематический блок подразделяется на следующие части (тематические разделы):

– факторы окружающей среды;

– факторы, являющиеся причиной возникновения ОЯ;

– инвентаризации ОЯ;

– объекты, подверженные природным опасностям;

– уязвимость;

– риски.

Первые три тематических раздела объединяют данные, требуемые для оценки опасности. В состав информации об окружающей среде входят: геологические карты, данные о почвах (тип почвы, плотность, содержание гумуса, влажность почвы), информация о растительном покрове территории (естественная растительность, тип землепользования), гидрологические данные (расход, подземные воды, материковый сток) и т. д. В качестве триггерных факторов различных типов ОЯ выступают скорость и направление ветра, количество осадков, температура воздуха и т. д.

Инвентаризация ОЯ выполняется с привлечением широкого перечня источников (спутниковый мониторинг, сети наземных станций наблюдения, архивные материалы и т. д.). В тематический раздел инвентаризации ОЯ входят данные, описывающие пространственно-временное распределение ОЯ и характеризующие их повторяемость и интенсивность.

В качестве объектов, подверженных опасности в исследуемой области, выступают население, здания и сооружения, экологические ресурсы, инфраструктура, культурные ценности и т. д. Существует множество различных типов объектов, подверженных риску, и их можно классифицировать по-разному.

Раздел «Уязвимость» представлен таблицами непространственных данных, которые по идентификаторам привязываются к пространственным объектам. Информация об уязвимости часто представляется в виде кривых уязвимостей, которые выражают зависимость между величиной ущерба конкретному типу объекта и уровнями интенсивности ОЯ. Подготовка кривых уязвимости является сложной задачей, поскольку они оцениваются на основе прошлых событий, для которых известны интенсивность ОЯ и степень повреждения объектов. В случае отсутствия такой информации используется дискретный аналог кривой уязвимости – матрицы уязвимости, которые могут быть оценены на меньшем объеме данных или экспертно.

В настоящей работе за основу взят индексный подход, основанный на выборе характеристик объектов, служащих индикаторами уязвимости, и представлении их в виде нормализованных индексов. Одним из основных его достоинств является возможность использования показателей, имеющих разную размерность, а также учет социально-экономических аспектов. Свертка индикаторов уязвимости в единый показатель выполняется при помощи метода анализа иерархий.

Тематический раздел «Риски» содержит информацию о возможных негативных последствиях воздействия ОЯ разной обеспеченности, полученную на основе моделирования. Риск ОЯ можно концептуально представить в виде произведения трех компонент: опасность, уязвимость, подверженность (количество/стоимость объектов, подверженных опасности). Для определения значений каждого из компонент необходимы собственные модели, наряду с моделью расчета риска, объединяющей эти факторы.

Модели компонента опасности фактически представляют собой расчет гидрометеорологических характеристик и оценки по их значениям вероятностей опасных явлений. Эти оценки совместно с информацией об объектах, подверженных воздействию, используются для расчета показателей уязвимости (площадь воздействия опасного явления, уровень повреждения и т. д.), а те, в свою очередь, – для расчета показателей ущерба (риска).

В силу частого отсутствия данных, необходимых для полноценной количественной оценки для расчета значений компонент уязвимости и риска, выбран метод, базирующийся на индексном подходе и многокритериальной пространственной оценке. Алгоритмической основой многокритериальной оценки является метод аналитических сетей (МАС), являющийся обобщением метода анализа иерархий на случай, когда в системе нельзя пренебречь обратными связями. Индексный подход позволяет количественно сравнивать различные области или регионы. Данные по каждому показателю, участвующему в оценке, собираются на определенном пространственном уровне. Затем эти показатели стандартизируются путем масштабирования их между 0 и 1. Таким образом, получаемые индексы уязвимости и риска также представляются относительными значениями от 0 до 1, что не дает возможности количественной оценки рисков в натуральном или монетарном выражении, но позволяет сравнивать различные области или регионы между собой. Базовая схема модельного комплекса для оценки рисков ОЯ предполагает многоуровневую структуру моделей (от «простой» к «сложной»). В данном контексте термин «сложность» рассматривается как интегральное качество модели, включающее степень детализации процессов, требовательность к входным данным, пространственное разрешение, время расчетов и т. д.

Достоинством этой схемы является то, что использование «простых» моделей существенно повышает наглядность результатов и прозрачность процедуры оценки для лиц, принимающих решения, и облегчает восприятие последующих уточненных оценок. Этот подход также обеспечивает контроль диапазона изменчивости результатов: проверка нахождения более точного значения в пределах грубых оценок.

Подобная многоуровневая организация системы моделей в основном затрагивает компонент опасности. Поскольку моделирование компоненты подверженности заключается в создании информационной модели региона, содержащей данные, относящиеся к объектам, подверженным опасности, то на разных уровнях меняется только детализация этой информационной модели. Для компонент уязвимости и риска используется индексный подход, кратко описанный выше, «усложнение» которого также в большей степени связано с повышением детализации.

Одновременное наличие моделей разного уровня «сложности» повышает общую устойчивость модельной системы, которая будет давать оценки даже в случае отсутствия информации для более подробных и требовательных моделей.

Многоуровневая структура позволяет максимально быстро перейти в работоспособный режим и поэтапно наращивать потенциал моделирующей системы.

ВЫВОДЫ

Одним из основных продуктов оценки риска ОЯ являются карты. Для решения проблемы организации и отображения информации о группе ОЯ и соответствующих рисках предусмотрено создание картографического веб-приложения, позволяющего представить весь спектр информации по каждой опасности с требуемым уровнем детализации. Ориентация на веб-ГИС позволяет реализовать интерактивный интерфейс и обеспечить доступ к картографическим материалам через сеть Интернет.

Оценка последствий от опасных явлений предполагает наличие в информационной базе данных, связанных с природной опасностью, подверженностью и уязвимостью. Показатель опасности характеризует вероятность проявления ОЯ в пространстве и времени. Показатель подверженности представляет собой набор объектов, подверженных риску пострадать от воздействия ОЯ. Показатель уязвимости характеризует тяжесть последствий для подверженных объектов в случае возникновения ОЯ.

Рассмотренная в работе структура ГИС является основой для создания инструментов поддержки принятия решений в области управления рисками в морских эколого-экономических системах. На следующем этапе работ планируется реализация соответствующего геоинформационного ресурса для Азовского моря.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60043 мол_а_дк.

ACKNOWLEDGEMENTS

The reported study was funded by RFBR, according to the research project No 16-35-60043 mol_a_dk.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллин Р.К.* Современное состояние картографирования опасных гидрометеорологических явлений // Географический вестник. 2016. № 3 (38). С. 151–160. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-3-151-160.

2. *Архипова О.Е.* Веб-ГИС для оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2017. Т. 23. № 2. С. 144–156. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-144-156.
3. *Денисов В.В., Ильин Г.В.* Районирование акваторий как инструмент оптимизации природопользования на арктическом шельфе // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 2 (79). С. 134–144.
4. *Кулыгин В.В.* Подход к оценке рисков опасных природных явлений в морехозяйственных системах // Проблемы анализа риска. 2017. Т. 14. № 2. С. 64–73.
5. *Kappes M.S., Keiler M., Von Elverfeldt K., Glade T.* Challenges of analyzing multi-hazard risk: a review // Natural Hazards. 2012. V. 64. P. 1925–1958.

REFERENCES

1. *Abdullin R.K.* Current state of hydrometeorological hazards mapping. Geograficheskiy vestnik. 2016. No 3 (38). P. 151–160 (in Russian). DOI: 10.17072/2079-7877-2016-3-151-160.
2. *Arkhipova O.E.* Web-GIS for assessing scenarios of using natural resource potential of southern macroregion. InterCarto/InterGIS. 2017. V. 23. No 2. P. 144–156 (in Russian). DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-144-156.
3. *Denisov V.V., Il'in G.V.* Zoning of the water areas as a tool for optimizing the use of natural resources on the Arctic shelf. Problemy Arktiki i Antarktiki. 2008. No 2 (79). P. 134–144 (in Russian).
4. *Kappes M.S., Keiler M., Von Elverfeldt K., Glade T.* Challenges of analyzing multi-hazard risk: a review. Natural Hazards. 2012. V. 64. P. 1925–1958.
5. *Kulygin V.V.* The approach to assessing the risks of natural hazards in economic marine systems. Problemy analiza riska. 2017. V. 14. No 2. P. 64–73 (in Russian).

УДК: 378.147.88 : 528.9

Манухов В.Ф.[1], Ивлиева Н.Г.[2]

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ (ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ) СТУДЕНТОВ-КАРТОГРАФОВ

АННОТАЦИЯ

В статье освещен взгляд авторов на научно-исследовательскую работу (НИР) как вид производственной практики в соответствии с современной редакцией Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) по направлению подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика». Приведена краткая информация об организации прохождения практики студентов-картографов, обучающихся в Мордовском государственном университете. Охарактеризованы особенности проведения НИР в сторонних организациях и структурных подразделениях вуза. Отмечено активное участие студентов в научно-исследовательской работе по применению геоинформационных технологий в исследованиях геосистем в интересах устойчивого развития территорий. С НИР начинается профессиональное становление студентов, определение их наклонностей в самостоятельном решении задач, связанных с будущей деятельностью бакалавров картографии и геоинформатики.

На примере нескольких НИР обучающихся, выполненных на кафедре геодезии, картографии и геоинформатики Мордовского университета, рассмотрено, как реализуются цели и задачи НИР, выступающей в качестве вида производственной практики, направленные на получение студентами практических навыков самостоятельной научно-исследовательской работы и опыта профессиональной научной деятельности. Оригинальные самостоятельные студенческие наработки практического характера в условиях развития информационного общества с учетом компетентностного подхода представляются ценными и важными как для междисциплинарных исследований, так и для самих молодых исследователей. Они часто ложатся в основу выпускных квалификационных работ.

Выполнение студентами самостоятельного исследования способствует реализации компетентностной составляющей ФГОС. НИР приближает обучающихся к условиям их будущей профессиональной деятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: научно-исследовательская работа, производственная практика, картография, геоинформатика.

[1] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Большевистская ул., 68, 430005, Саранск, Россия, *e-mail*: **gkg_mrsu@mail.ru**

[2] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Большевистская ул., 68, 430005, Саранск, Россия, *e-mail*: **gkg_mrsu@mail.ru**

Vladimir F. Manukhov[1], Natalia G. Ivlieva[2]

ABOUT RESEARCH WORK (PRODUCTION PRACTICE) OF STUDENTS CARTOGRAPHERS

ABSTRACT

The article highlights the authors' view of research work as a type of industrial practice in accordance with the modern version of the Federal State Educational Standard (FSES) in the field of training 05.03.03 "Cartography and Geoinformatics". The brief information about the organization of the practice of cartographers studying in Mordovia State University is given. Characteristics of conducting research in third-party organizations and in the structural units of the university are characterized. The active participation of students in the research work on the application of geoinformation technologies in the research of geosystems in the interests of sustainable development of territories was noted. With the scientific research begins the professional development of students, the determination of their inclinations in the independent solution of problems associated with the future activities of bachelors of cartography and geoinformatics.

On the example of several research works students trained at the Department of Geodesy, Cartography and Geoinformatics of the Mordovian University, it is considered how the goals and objectives of the research work are implemented as a kind of industrial practice aimed at obtaining students practical skills of independent research work and experience in professional scientific activity. The original independent student experiences of a practical nature in the context of the development of the information society, taking into account the competence approach, appear to be valuable and important for both interdisciplinary research and for young researchers themselves. They often form the basis of final qualification works.

The fulfillment of independent research by students contributes to the implementation of the competence component of FSES. Research work brings students closer to the conditions of their future professional activity.

KEYWORDS: research work, production practice, cartography, geoinformatics.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Министерством образования и науки Российской Федерации разрабатываются новые федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования, актуализированные с учетом требований профессиональных стандартов. Современный высокотехнологичный уровень и оперативный ритм профессиональной деятельности в области картографии и геоинформатики требуют, чтобы высшая школа была способна обеспечить подготовку кадров, готовых не просто влиться в решение производственных, проектно-изыскательских, научно-исследовательских и иных задач, но привнести новые идеи, нестандартные решения, методы и технологии, соответствующие передовому уровню, лучшим мировым практикам [Лазебник и др., 2017]. И в этом значимую роль играет научно-исследовательская работа студентов.

Сравнивая действующий ФГОС 3+ по направлению подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика» с ФГОС 3, можно заметить, что в предыдущем стандарте указывалось, что «разделом учебной практики может являться научно-исследователь-

[1] Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 4300005, Saransk, Russia, *e-mail*: **gkg_mrsu@mail.ru**
[2] Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 4300005, Saransk, Russia, *e-mail*: **gkg_mrsu@mail.ru**

ская работа обучающегося», тогда как действующий ФГОС научно-исследовательскую работу относит к производственной практике.

Способы проведения НИР как производственной практики – стационарная или выездная. В данной статье рассматривается опыт проведения научно-исследовательской работы со студентами-картографами Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева. Поскольку выпускники вуза трудоустраиваются в различные региональные организации и учреждения, занимающиеся сбором, обработкой и использованием пространственной информации, научно-исследовательская деятельность студентов охватывает различные предметные области, основными же являются геодезия, картография и геоинформатика, а также дистанционное зондирование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу работы положен анализ ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика», стандарта вуза СТО СМК 014–2016 «Практика студентов. Организация, общие требования, правила оформления отчетности», а также отчетов студентов-картографов по практикам (научно-исследовательской работе и преддипломной практике) и выпускных квалификационных работ.

В соответствии с ФГОС 3+ выпускник, освоивший программу по направлению подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика», должен быть готов решать следующие профессиональные задачи научно-исследовательской деятельности:

– сбор, систематизация и целенаправленная обработка пространственной информации на локальном, региональном и глобальном уровнях;

– тематическая картографическая интерпретация результатов съемок местности, материалов дистанционного зондирования Земли, геодезических и спутниковых измерений, статистических данных и других источников;

– создание баз и банков цифровой топографической и тематической информации;

– создание топографических, тематических карт природы, населения, хозяйства и экологического состояния с различной степенью обобщения материала, включая синтетические, оценочные и прогнозные карты, серий карт и атласов геосистем разных иерархических уровней и их компонентов;

– исследование свойств географических карт как моделей окружающей действительности и их использование в научной, учебной, производственной, административно-хозяйственной, оборонной деятельности;

– использование и развитие геоинформационных технологий и геоинформационных систем (далее – ГИС), средств телекоммуникации, систем спутникового позиционирования, внедрение новых компьютерных технологий в научные исследования и хозяйственную практику;

– формирование картографического и геоинформационного обеспечения научно-исследовательских проектов;

– использование картографических и геоинформационных методов при исследовании геосистем.

Целями научно-исследовательской работы являются углубление и закрепление теоретических знаний студентов, приобретение будущими бакалаврами практических навыков самостоятельной научно-исследовательской работы и опыта профессиональной научной деятельности. Задачами научно-исследовательской работы являются: получение умений самостоятельного выполнения научного исследования, навыков работы с научной литературой, базами данных научных статей отечественных и зарубежных научных центров; освоение информационно-коммуникационных компьютерных технологий для самостоятель-

ного поиска и извлечения необходимой информации для целей проводимого исследования и новых современных методов и технологий в предметной области; развитие у обучающихся интереса к научно-исследовательской работе; формирование профессиональных компетенций, необходимых для осуществления научно-исследовательской деятельности, а также составление и защита отчета по НИР.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные этапы НИР – ее планирование, выполнение работы, составление отчета о проделанной научно-исследовательской работе. При планировании НИР утверждается план-график прохождения практики, определяются цели и задачи исследования, методика его проведения. Важно обратить внимание студентов на составление библиографического списка изученных научных ресурсов по выбранному направлению исследования.

При организации его проведения рекомендуется предусматривать различные места. НИР может проводиться как в сторонних организациях, так и в структурных подразделениях вуза. Прохождение практики осуществляется на основе договоров с организациями, деятельность которых соответствует профессиональным компетенциям, формируемым в рамках основной профессиональной образовательной программы. Базами практики могут быть организации, занимающиеся картографией, геодезией, геоинформатикой, землеустройством, кадастрами и аэрокосмическим зондированием земной поверхности, региональные органы охраны природы и управления природопользованием, проектные и изыскательские институты и др. Профильных научно-исследовательских организаций в Республике Мордовия нет.

Задание на практику выдается каждому студенту. Важно, чтобы оно содержало элементы исследовательского характера. Например, исследование точности геодезических и спутниковых измерений, результатов съемок местности, выполненных разными методиками и приборами, анализ функциональных возможностей конкретного программного обеспечения в целях его внедрения в научные исследования и (или) хозяйственную практику, сравнение программных продуктов и возможностей их использования для целей проектно-производственной деятельности, анализ структуры базы данных цифровой пространственной информации конкретной тематической области и т. п.

В качестве примера можно привести научно-исследовательскую работу по анализу материалов, полученных в результате обработки данных дистанционного зондирования с использованием комплекса программных продуктов Maps Made Easy, включающего мобильное приложение для проведения съемки с беспилотного летательного аппарата и серверное приложение для обработки полученных снимков, который позволяет создавать актуальные ортофотопланы и модели местности. Данный программный комплекс охватывает все этапы создания трехмерных моделей местности. Создание цифрового ортофотоплана включало следующие этапы исследования: планирование съемки (рекогносцировка местности, составление маршрута съемки); проведение съемки (внесение корректировок, связанных с погодой, закрепление опорных знаков на местности, съемка с беспилотного летательного аппарата); предварительная обработка снимков (обработка «сырых» данных цифровой аэрофотосъемки в формате DNG); создание мозаики из изображений [Стешин, Варфоломеев, 2017].

При аттестации по итогам практики принимаются во внимание: соответствие профиля работ на практике будущей специальности, отзывы руководителей практики от организации, содержание и оформление отчета.

НИР (производственная практика) часто проводится в структурных подразделениях вуза, обладающих необходимым кадровым и научно-техническим потенциалом. Студенты участвуют в научных исследованиях, проводимых на кафедрах и в лабораториях вуза,

в рамках грантов, НИОКР под руководством преподавателей. Они занимаются сбором и обработкой пространственной информации, выполняют отдельные работы по созданию карт и атласов, формированию картографического и геоинформационного обеспечения междисциплинарных научно-исследовательских проектов. Как указано в работе [Старостин, 1990], картографическое обеспечение при территориальном исследовании включает разработку двух типов карт: для анализа информации и тех, которые могут быть использованы в качестве инструмента для выводов и рекомендаций.

Специфика картографического обеспечения построена на принципах последовательного сочетания методов анализа и синтеза, движения от простого к сложному, от выявления тенденций к выводам. В результате происходит интерпретация содержания карты в новое мысленное, текстовое и картографическое воплощение. Для эффективной работы студент-картограф должен обладать необходимым уровнем профессиональной подготовленности, а также знаниями по теме карты. Поэтому в процессе выполнения НИР ему приходится изучать специальную литературу, активно пользоваться интернет-ресурсами. Студенты, которые не знают явлений, специфику исследуемых проблем, которые изображают, не всегда могут их адекватно представить в картографической форме. Любое явление должно быть прежде всего осмыслено картографом, тогда созданная им карта, возможно, позволит расширить представление читателя о реальной действительности, получить по карте обогащенную в пространственном отношении информацию. При создании карт основное внимание уделяется принципам выделения специального содержания, включающего способы картографического изображения объектов и явлений, их связей и динамики развития.

Студенты активно участвуют в научно-исследовательских работах по применению геоинформационных технологий в исследованиях геосистем в интересах устойчивого развития территорий. При этом они усваивают основные идеи, принципы и закономерности в моделировании пространственно-временных систем, овладевают навыками теоретического осмысления и практического применения картографического моделирования и геоинформационных технологий для формирования моделей сбалансированного и оптимального развития общества. Это оказывает положительное влияние на профессиональную подготовку и формирование личности специалиста.

Рассмотрим на примере нескольких НИР обучающихся, как реализуются цели и задачи этого вида производственной практики, направленные на получение студентами практических навыков самостоятельной научно-исследовательской работы и опыта профессиональной научной деятельности. Приобретение будущими бакалаврами практических навыков самостоятельного сбора, систематизации и целенаправленной обработки пространственной информации на локальном, региональном и глобальном уровнях являлось одной из целей проводимой научно-исследовательской практики.

Все анализируемые работы выполнялись в одно и то же время и были связаны со сбором, обработкой, анализом климатических данных. В последнее время ГИС-технологии стали для климатологии необходимым инструментом исследования. Эта технология объединяет традиционные операции при работе с базами данных, с преимуществами полноценной картографической визуализации и пространственно-временного анализа основных климатических характеристик.

Одна из задач НИР – научить студентов творческому подходу к решению практических проблем. Поэтому предварительно чтобы выявить у них проявление интереса к соответствующей области исследования, было предложено познакомиться с работами по данной тематике. В одном случае это была одна из выпускных квалификационных работ, ранее подготовленных студентами-картографами, в двух других – статьи, в том числе

из газеты "ArcReview" [Бакли, Серебрянная, 2013]. Определившись с направлением исследований, далее студенты занимались поиском необходимой информации в Интернете. Также проводились подбор и изучение научной литературы. При выполнении научно-исследовательской работы студенты знакомились с отечественным и зарубежным опытом исследования проблем в рамках выбранной направленности.

В качестве исходной информации было предложено использовать данные метеостанций (средние месячные, годовые и другие показатели), полученные по результатам измерения в пунктах сети метеорологических наблюдений, или же наборы климатических данных, представленных в виде регулярной сетки, на которую уже пересчитаны теми или иными методами интерполяции среднемноголетние значения метеоэлементов в отдельных точках (на метеостанциях).

Одна из НИР была посвящена поиску и извлечению необходимой информации для изучения изменения климата в региональном масштабе – зоне широколиственных лесов правобережья Волги. Она проводилась как продолжение ранее проведенных научных исследований совместно с Мордовским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС), охватывающих период с 1936 по 2000 г. [Ивлиева и др., 2013]. Зона широколиственных лесов правобережья Волги является частью Русской равнины. Низменности и возвышенности характерны для рельефа, и местами контрасты его весьма резки. Климат территории умеренно континентальный с холодной зимой и умеренно теплым летом. Большое влияние на климат оказывает западно-восточный перенос, и в целом на территории более активна циклоническая деятельность, чем антициклоническая, с преобладанием воздушных масс, сформировавшихся в Атлантике, Арктическом бассейне и Европе.

Обучающемуся была поставлена задача сбора новых данных. Поэтому вначале ему предстояло изучить общую информацию о сетях наблюдений за климатом на территории России. Затем он составил обзор интернет-ресурсов с метеорологической информацией. После этого проводился сбор необходимой информации. Пространственный экстент: $\lambda_{зап.}$ – 40° в.д.; $\lambda_{вост}$ – 48° з.д.; $\varphi_{южн.}$ – 53° с.ш.; $\varphi_{сев.}$ – 57° с.ш.

Исходные данные брались с сайта мирового центра данных, расположенного в г. Обнинске во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ-МЦД). Было дано подробное описание получения метеорологических данных с интернет-портала www.meteo.ru. Перечень станций на интернет-портале www.meteo.ru включает станции, вошедшие в Глобальную наблюдательную сеть за климатом (ГСНК), реперную климатическую сеть Росгидромета (РКС) и прочие метеорологические станции из Государственной наблюдательной сети (ГНС). Из станций ГСНК в области исследования оказалась лишь одна – Елатьма, из станций РКС – Земетчино, Инза, Йошкар-Ола, Краснослободск, Нижний Новгород, Пенза, Порецкое, из прочих станций ГНС – Лукоянов. Данные по метеостанции Саранск предоставлены Мордовским ЦГМС. В область исследования попало всего 10 метеостанций. Чтобы в дальнейшем при построении изолиний на картографируемом участке с помощью методов интерполяции по точкам не допустить искажения значений по краям поля карты, в работе использовались данные еще 17 метеостанций, расположенных за пределами области исследования. Все они были получены с сайта meteo.ru.

По географическим координатам метеостанций был создан точечный слой, который затем был преобразован в систему координат проекции создаваемых карт – нормальной равнопромежуточной конической проекции. Параметры выбранной проекции: средний меридиан – 44° в.д., широта начала координат – 53° с.ш., стандартные параллели – 54 и 56° с.ш. В итоге были подготовлены все необходимые пространственные слои (рис. 1).

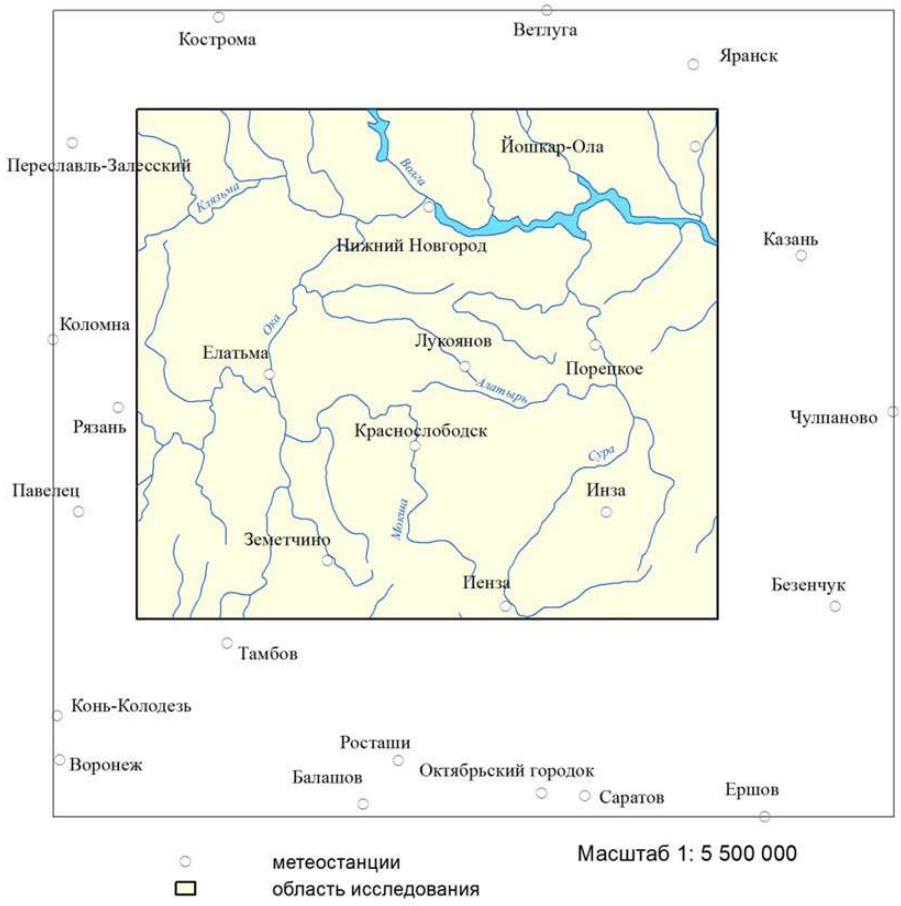


Рис. 1. Исследуемая область и пункты метеонаблюдений
Fig. 1. Study area and meteorological stations

Изначально метеорологические данные, представленные в текстовом формате, были загружены в документ Excel, где они обрабатывались. Здесь же был выполнен элемент научного исследования: проведен анализ рядов средних многолетних значений отдельных метеорологических элементов по метеостанциям Саранск, Елатьма, Краснослободск. Общая тенденция изменения годовой температуры для всех метеостанций характеризуется положительным трендом. Рассмотрены и сравнены разные временные периоды. В последнее время достаточно отчетливо просматривается тенденция к изменению климата, что и показано на представленных в отчете графиках (рис. 2). Сделан вывод, что наиболее отчетливо потепление климата в среднем для территории проявилось в последнее двадцатилетие (1991–2010 гг.), в основном за счет повышения значений температуры воздуха в зимний период.

Картографирование изменений основных климатических характеристик способом локализованных диаграмм проводилось в MapInfo. Столбиковые диаграммы в работе использовались для показа отклонений среднемесячной температуры воздуха в конкретный период по отношению к норме. Для наглядного сравнения годового количества осадков за июль 2010 г. с нормой (1961–1990 гг.) применялись по-разному ориентированные полукруги.

Затем обработанные данные были добавлены в ГИС-пакет ArcGIS, где была рассмотрена возможность применения пространственной интерполяции для построения изолинейных карт и пространственно-временного анализа изменений основных климатических характеристик. Дальнейшие исследования проводились во время преддипломной практики и подготовки выпускной квалификационной работы.

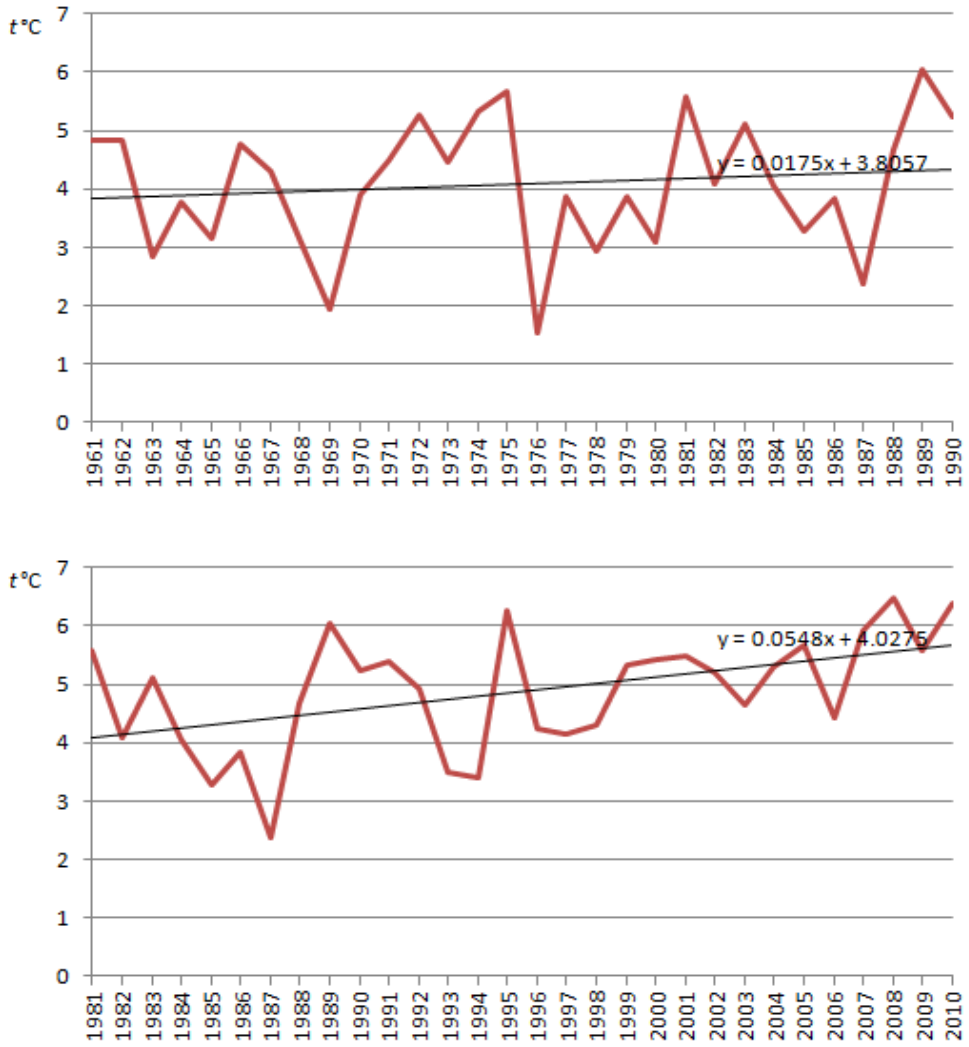


Рис. 2. Графики изменения годовой температуры воздуха за разные периоды (Краснослободск)
Fig. 2. Graphs of changes in annual air temperature for different periods (Krasnoslobodsk)

В одной из анализируемых работ в качестве исходных данных был выбран набор климатических данных WorldClim, доступный на сайте www.worldclim.org. При проведении исследования студент решал следующие задачи:

– дать характеристику набора климатических данных WorldClim;

– подобрать наиболее подходящее программное обеспечение для работы с набором WorldClim и изучить функциональные возможности ГИС-пакета для визуализации растровых данных;

– исследовать пространственно-временное варьирование климатических данных, пользуясь графическими приемами анализа.

Набор WorldClim представляет собой набор пространственных растровых данных, в каждой ячейке которых содержится информация о значении того или иного климатического показателя. Это температура (среднемесячная, минимальная и максимальная по месяцам), месячная сумма осадков, а также набор производных характеристик BioClim, цифровая модель рельефа и данные о климате в прошлом и прогноз. При создании набора WorldClim в качестве исходной информации служили результаты наблюдений метеостанций за 1950–2000 гг. С помощью интерполяции среднемноголетние значения метеоэлементов в отде-

льных точках (на метеостанциях) были пересчитаны на регулярную сетку. Интервал между узлами сетки – 30S, в линейной мере это составляет около 1 км по дуге меридиана. На сайте доступны еще наборы данных с разрешением 2,5r; 5r; 10r. Они получены генерализацией вычисленного растра на основе осреднения значений. Система координат данных набора WorldClim – географическая WGS-84. Данные набора WorldClim представлены в 3 форматах хранения: Generic grids (BIL), ESRI grid и GeoTIFF.

Растровые данные являются одним из основных типов пространственных данных в ГИС. Для работы с WorldClim был выбран ГИС-пакет ArcGIS, в котором имеется набор инструментов для работы с растровыми данными, что позволяет проводить их обработку непосредственно в ArcGIS, а также выполнять дальнейший анализ с использованием аналитических функций ГИС. В отчете представлена серия составленных на основе данных WorldClim карт на территорию Приволжского федерального округа. На основе выполнения разных классификаций значений было получено много вариантов изображения одного и того же распределения количественного признака явления, при этом и с различной цветовой гаммой. Исследована встроенная в ArcGIS возможность построения непрерывных цветовых шкал (метод «растяжка»). Представленные в отчете картографические изображения, выполненные с использованием такой шкалы, эффектны, но не всегда хорошо читаются. Тем не менее эта работа позволила студенту проявить творческие способности. В целях сглаживания поверхностей, построенных по данным WorldClim, проводилась их обработка с помощью инструмента «Фокальная статистика» из набора Spatial Analyst. Значения атрибутов пересчитывались путем осреднения значений соседних ячеек в пределах заданного «скользящего окна».

При выполнении НИР особый акцент был сделан на графические приемы анализа карт. Студентом продемонстрированы хорошие теоретические знания и умения работы в ГИС-программах и других приложениях. Для построения различных профилей, разрезов, графиков из растровых данных извлекалась выборка значений вдоль заданного направления (меридиана 45° в.д.), которая преобразовывалась в табличный вид. Графики строились в Excel. Изображенный на рис. 3 метахронный разрез был создан в Surfer.

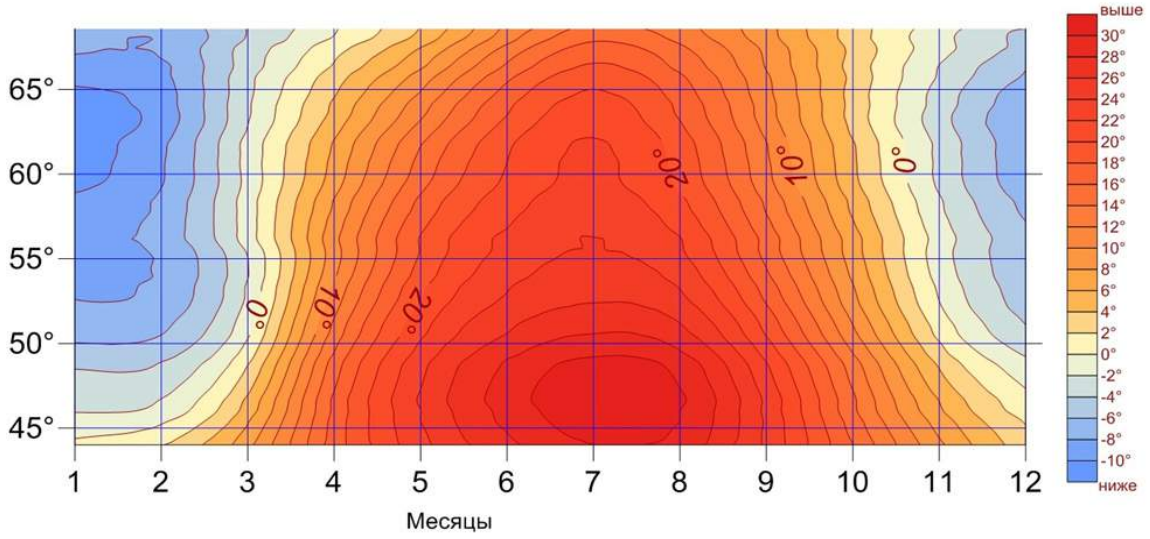


Рис. 3. Распределение максимальной температуры в течение года.
Сечение по меридиану 45° в.д.
Fig. 3. Distribution of maximum temperature during the year.
Cross section along the meridian of 45E

В отчете дано краткое описание полученных профилей и разрезов, отмечены сезонные закономерности и особенности распределения изучаемого явления. Также было замечено, что надежность исследования зависит от достоверности набора данных WorldClim, а он, в свою очередь, зависит как от проведенной интерполяции, так и от того, насколько подробной и равномерно распределенной на той или иной территории была исходная дискретная информация.

Результаты исследования студента легли в основу его выпускной квалификационной работы, материалы которой были представлены на вузовской конференции молодых исследователей и опубликованы [Богданова и др., 2015]. Отдельные студенческие наработки по технологии применения графических приемов анализа карт использовались при выполнении отдельных задач, решаемых в проводимом в нашем вузе научном исследовании при поддержке РФФИ (проект 14-05-00860-а).

НИР играет существенную роль в формировании компетенций студентов. Так, прохождение практики, в процессе которой один из студентов осуществлял сбор, обработку и анализ данных в формате NetCDF, помогло в формировании его профессиональных компетенций ПК-3 (владение базовыми знаниями в области информатики, компьютерных и мультимедийных технологий, программных средств, методами работы в компьютерных сетях; умение создавать базы данных и использовать ресурсы сети «Интернет» для целей картографирования, получения и обработки снимков; владение средствами глобального позиционирования) и ПК-4 (владение знаниями об интерфейсе ГИС-пакетов, моделях, форматах данных, вводе пространственных данных и организации запросов в ГИС; умение создавать инфраструктуры пространственных данных), ориентированных на научно-исследовательскую деятельность.

В последнее время такие климатические показатели, как температура, влажность, атмосферное давление, скорость и направление ветра и т. д., на интернет-ресурсах часто хранятся в формате NetCDF, являющимся открытым стандартом для обмена научными данными. В одном файле может храниться целый набор переменных (тематических данных), каждая из которых представляет собой многомерный массив и задается именем, типом данных и списком размерностей. Координатные переменные и соответствующие размерности чаще называют измерениями.

В отчете по практике в форме НИР, составленном обучающимся, представлено следующее:

– дана характеристика формата данных NetCDF;

– подробно описано, как проводился поиск данных, перечислен список сайтов, предоставляющих климатические данные в формате NetCDF;

– показаны возможности чтения и просмотра файлов NetCDF в свободно распространяемой программе Panoply – можно создать растровую карту, построить двухмерный график, показывающий распределение явления как функцию двух параметров, или линейный график (сечение вдоль параллели или меридиана, временной разрез);

– рассмотрены функциональные возможности специального инструментария ГИС-пакета ArcGIS, работающего с данными в формате NetCDF.

Занимаясь самостоятельно под руководством преподавателя, студент проявил инициативность, творческий подход, умение ставить и находить решение поставленных задач с использованием знаний, как полученных при обучении, так и вновь приобретенных, показал, что умеет работать с литературой и источниками из смежных отраслей. В дальнейшем он продолжил исследования по рассматриваемой тематике и свои оригинальные наработки представил в выпускной квалификационной работе.

Можно заметить, что выполнение НИР способствует развитию у студентов способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, овладению культурой мышления. Информационная компетентность становится

отличительным признаком качества образования. При прохождении практики в форме НИР студенты решают стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием информационно-коммуникационных технологий, в том числе ГИС-технологий, овладевают основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации. Следует заметить, что отдельные результаты НИР студентов внедрены в учебный процесс.

ВЫВОДЫ

Выполнение студентами самостоятельного исследования способствует реализации компетентностной составляющей Федерального государственного образовательного стандарта. НИР приближает обучающихся к условиям их будущей профессиональной деятельности.

Очень важно, чтобы НИР обучающихся непосредственно была ориентирована на их профессионально-практическую подготовку, приобретение бакалаврами практических навыков проведения самостоятельной научно-исследовательской работы и опыта профессиональной научной деятельности. При организации прохождения практики нужно предусматривать различные места практики и, соответственно, проведение НИР различной как по тематике, так и по типам и формам научной деятельности.

Обучающиеся должны знать, что научная (научно-исследовательская) деятельность направлена на получение и применение новых знаний, поэтому при выполнении НИР они должны пользоваться знаниями как полученными при теоретическом обучении, так и самостоятельно приобретенными в процессе прохождения научно-исследовательской практики, а также получить новые научные результаты по теме работы. Поэтому желательно, чтобы НИР проводилась в форме выполнения некоторого конкретного элемента научного исследования по тематике выпускной квалификационной работы, так как окончательное формирование и закрепление большинства профессиональных компетенций происходит при ее выполнении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакли Э., Серебрянная О.Л.* Унесенные ветром. Учимся создавать карты направлений ветра с помощью ArcGIS // ArcReview. 2013. № 4 (67). Электронный ресурс: www.esri-cis.ru/news/arcreview/ detail.php?ID=11161&SECTION_ID=288 (дата обращения: 01.03.2018).

2. *Богданова З.Х., Ивлиева Н.Г., Папкина Е.О.* Использование набора данных WorldClim для картографического моделирования и анализа [Электронный ресурс] // Огарев-online. 2015. № 24. Электронный ресурс: http://journal.mrsu.ru/arts/ispolzovanie-nabora-dannyx-worldclim-dlya-kartograficheskogo-modelirovaniya-i-analiza (дата обращения: 01.03.2018).

3. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф., Хлевина С.Е.* Пространственно-временной анализ изменения климата в зоне широколиственных лесов правобережья Волги // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2013. Т. 19. С. 62–68. DOI: 10.24057/2414-9179-2013-1-19-62-68.

4. *Лазебник О.А., Тюрин С.В., Литвинова М.В., Капралов Е.Г., Паниди Е.А.* Картография и геоинформатика, проблемы и перспективы высшего образования: опыт Санкт-Петербургского университета // Геодезия и картография. 2017. Т. 78. Спецвыпуск. С. 16–27. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-16-27.

5. *Старостин Е.С.* Проблемное картографирование. Картографическое обеспечение региональных комплексных программ. М.: Наука, 1990. 134 с.

6. *Стешин И.С., Варфоломеев А.Ф.* Особенности использования программных продуктов MAPS MADE EASY для создания цифровых ортофотопланов и трехмерных моделей местности с применением беспилотных летательных аппаратов // Студенческий научный поиск – науке и образованию XXI века: Материалы IX Междунар. студ. научно-практ. конф. Современный технический университет. Рязань, 2017. С. 81–85.

REFERENCES

1. *Bogdanova Z.K., Ivlieva N.G., Papkina E.O.* Use of WorldClim dataset for cartographic modeling and analysis. Ogarev-online. 2015. No 24. web resource: journal.mrsu.ru/arts/ispolzovanie-nabora-dannyx-worldclim-dlya-kartograficheskogo-modelirovaniya-i-analiza, accessed 01.03.2018 (in Russian).

2. *Buckley A., Serebryannaya O.L.* How to Use ArcGIS to Create Vector Flow Maps ArcReview. 2013. No 4 (67). web resource: www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=11161&SECTION_ID=288, accessed 01.03.2018 (in Russian).

3. *Ivlieva N.G., Manukhov V.F., Khlevina S.E*. The spatio-temporal analysis of the climate changing in the zone of the broad-leaved woods of the Volga river right-bank. Proceedings of the International conference "InterCarto/InterGIS". 2013. V. 19. P. 62–68 (in Russian). DOI: 10.24057/2414-9179-2013-1-19-62-68.

4. *Lazebnik O.A., Tiurin S.V., Litvinova M.V., Kapralov E.G., Panidi E.A.* Cartography and Geoinformatics, Problems and Prospects of Higher Education: experience of the Saint Petersburg University. Geodesy and Cartography. 2017. Special issue. P. 16–27 (in Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2017-16-27.

5. *Starostin E.S.* Case mapping. Mapping within the framework of regional complex programmes. Moscow: Nauka, 1990. 134 p. (in Russian).

6. *Steshin I.S., Varfolomeev A.F.* Features of the use of MAPS MADE EASY software products for creating digital orthophotomaps and 3D terrain models using unmanned aerial vehicles."Student scientific search for science and education of the XXI century": Materials of the 9th International Student Scientific and Practical Conference. Modern Technical University. Ryazan, 2017. P. 81–85 (in Russian).

УДК 528. 9

Мирязов Т.Р.[1], Прохорова Е.А.[2]

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ АФРИКАНСКОГО КОНТИНЕНТА

АННОТАЦИЯ

Анализ историко-географических особенностей развития региона и изучение причин, предпосылок и характера процессов, происходящих на Африканском континенте в XXI в., имеет на сегодняшний день очень большое значение, поскольку именно понимание природы того или иного конфликта открывает возможности для его разрешения. В изучении военных конфликтов большую роль играют картографические материалы, которые могут визуализировать условия и факторы, влияющие на возникновение конфликтов, представить систематизированные сведения о военных столкновениях с надлежащим уровнем информации в разных масштабах.

В статье представлено исследование способов картографирования военных конфликтов на территории Африканского континента. Авторы ставили целью отражение реальной ситуации при всей ее неоднозначности с помощью научно-справочного картографирования. Такой подход позволил рассмотреть проблему со всей возможной объективностью, разработать содержание и составить серию карт условий и факторов развития военных конфликтов для того, чтобы проиллюстрировать ситуацию на конкретных территориях с предоставлением максимально объективной информации. Описаны основные этапы создания научно-справочных аналитических и синтетических карт военных действий.

Разработано содержание и составлены карты военных конфликтов в разных масштабах: среди них ряд карт, которые демонстрируют возможности отображения военных действий в локальных горячих точках, и карта типологии военных конфликтов на территории всего континента. Карта «Военные конфликты в Африке, 2016 г.» показывает причины возникновения военных конфликтов на материке, дает возможность определить степень активности военных действий, тип конфликта в рассматриваемых странах, позволяет комплексно оценить сложившееся положение на всей территории материка. Созданная серия карт и их совместный анализ дают понимание характера военных действий и способствуют определению тенденций в дальнейшем формировании политических процессов, происходящих на континенте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Африканский континент, визуализация данных, геополитика, картографирование военных конфликтов, типология.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **miryazov_timur@mail.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **eaprohorova@mail.ru**

Timur R. Miryazov[1], Elena A. Prokhorova[2]

MAPPING OF MILITARY CONFLICTS IN AFRICA

ABSTRACT

Analysis of the historical and geographical features of the region's development and study of the causes, background and nature of processes taking place in Africa in the XXI century is very important today, because it is the understanding of the nature of a conflict that opens up opportunities for its resolution. Maps play an important role in the study of military conflicts, because they can visualize the conditions and factors that influence the emergence of conflicts and provide systematic information about military clashes with an appropriate level of information in different scales.

The article deals with the study of the possibilities of mapping military conflicts in Africa. The authors aimed to reflect the real situation with all its ambiguity with the help of scientific and reference mapping. This approach allowed objective considering of the problem and creating a series of maps in order to illustrate the situation with the provision of the most objective information.

A series of maps of military conflicts has been developed, including maps showing the possibilities of displaying military operations that are conducted in local hot spots, and a typological map of military conflicts of the entire continent. The map "Military conflicts in Africa, 2016" presents the causes of military conflicts' onset, provides an opportunity to determine the degree of activity of military operations, the type of conflict in the countries under consideration, and allows a comprehensive assessment of the situation throughout Africa. The created series of maps and their combined analysis provide an understanding of the nature of military operations and contribute to the identification of trends in the further formation of the political processes taking place in the continent.

KEYWORDS: Africa, data visualization, geopolitics, mapping military conflicts, typology.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобализации большую опасность представляет появление в мире конфликтных ситуаций, которые не только уносят человеческие жизни и подрывают экономику участвующих в них стран, но также дестабилизируют политическую и экономическую ситуацию в соответствующих регионах и во всем мире в целом.

Африканский континент является одним из наименее развитых в экономическом плане регионов мира, и почти все современные мировые глобальные проблемы, включая социальные, экономические и экологические, проявляются здесь очень остро. Развитие экономики сталкивается с такими актуальными проблемами современности, как рост безработицы, недостаток водных ресурсов, деградация экосистем. Уровень детской смертности очень высок, только 60 % населения имеют доступ к чистой воде, а 39 % жителей неграмотны. Большое количество проблем на континенте вызвано неконтролируемым ростом численности населения в большинстве стран. Население Африки, по данным на 2016 г., составило 1,216 млрд человек (при этом темпы естественного прироста населения во многих странах превышают 30 человек на 1000 жителей в год), а суммарный ВВП

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **miryazov_timur@mail.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **eaprohorova@mail.ru**

по ППС стран материка составляет 5,43 трлн долл. США, и это чуть больше ВВП Японии [French, 2014]. Для многих стран Африки характерен нестабильный политический процесс, который проявляется в форме различного рода акций политического протеста, борьбы властных элит за власть, государственных переворотов.

Сегодня Африка является континентом, особенно уязвимым перед трудностями экономического и социального развития; кроме того, на территории этого континента ежегодно происходят десятки столкновений, перерастающие в межэтнические и межконфессиональные конфликты, а в ряде стран войны длятся десятилетиями. Богатый ресурсами континент рискует быть поглощен войнами, и не всегда вмешательство ООН и других международных организаций приводит к урегулированию возникающих проблем.

Анализ и изучение причин, предпосылок и характера процессов, происходящих на Африканском континенте в XXI в., имеет на сегодняшний день очень большое значение, поскольку именно понимание природы того или иного конфликта открывает возможности для его разрешения. Этим же определяется и необходимость картографического представления темы. В изучении военных конфликтов большую роль играют картографические материалы, которые могут показать условия и факторы, влияющие на их возникновение, представить систематизированные сведения о военных столкновениях с надлежащим уровнем информации в разных масштабах, обеспечить возможность получения новых знаний об основных закономерностях размещения вооруженных столкновений, распространении боевых действий и т. д.

Визуализация динамики социально-политических процессов привлекает внимание представителей самых разных отраслей наук во многих странах, при этом карты должны удовлетворять главному условию – способствовать дальнейшему развитию региона и обеспечению стабильного роста качества жизни населения. Целью данного исследования являются разработка содержания и создание аналитических карт военных конфликтов, а также синтетической карты типологии военных конфликтов Африки на основе изучения и анализа предпосылок, причин и факторов возникновения вооруженных противостояний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Большинство военных конфликтов в Африке вызвано целым рядом причин, которые обычно взаимосвязаны и, взаимодействуя друг с другом, усугубляют ситуацию. К причинам возникновения конфликтных ситуаций, как правило, относят социально-экономическую отсталость, социальное неравенство, конфессиональную и этническую мозаичность, а также общую слабость политического аппарата. Несомненно, основные истоки этих проблем стоит искать в истории континента, а именно – в характере формирования современного этнического и религиозного состава африканских стран.

Многие современные вооруженные конфликты уходят корнями в колониальный период. Этнически Африка является достаточно сложной территорией, здесь принято выделять более 500 этносов. Кроме мозаичности национальной, на Африканском континенте соседствуют и разные конфессии: различные этносы исповедуют разную религию, в некоторых государствах значительная доля населения придерживается местных традиционных верований (различные формы фетишизма, тотемизма и др.). Есть также последователи иудаизма, индуизма, буддизма и сикхизма, но преобладающими являются христианство и ислам.

Этнические и конфессиональные конфликты неразрывно связаны. Фактор этничности в Африке значительно влияет на всю общественную и политическую жизнь, он часто используется в качестве основной площадки для выдвижения групповых требова-

ний. Несовпадение этнических и политических границ распространено достаточно широко, так как после окончательного раздела материка к 1914 г. установление государственных границ на континенте зависело от политических и геополитических отношений между странами-колонизаторами.

В процессе деколонизации новые страны, как правило, наследовали границы прежних колоний, и только четверть государственных границ совпадала с границами расселения этнических групп. Последствия неоправданного раздела Африканского континента привели, с одной стороны, к проблеме ухудшения отношений между различными этносами в пределах отдельных стран, а с другой – к проблеме взаимоотношений между странами – бывшими колониями, ныне независимыми, на территории которых проживают разделенные группы одних и тех же этносов. Установить новые государственные границы в соответствии с этническими рубежами невозможно, так как это привело бы к угрозе самостоятельного существования многих получивших независимость африканских государств и замене их небольшими государственными образованиями, которые основывались бы только на этнической основе. В 1963 г. Организацией Африканского Единства (ОАЕ) был провозглашен принцип территориальной целостности новых независимых государств.

Важным фактором, влияющим на развитие конфликтных ситуаций на континенте, является социально-политический. Почти во всех африканских странах имеет место авторитарный режим правления, позволяющий малому кругу деятелей пользоваться почти безграничной властью в стране. Часто борьба за лидерство внутри страны возникала после выборов и последующего оспаривания их результатов. Это приводило к серьезным внутриполитическим конфликтам и даже гражданским войнам, подпитываемым религиозными и этническими разногласиями.

Существуют также и геополитические предпосылки войн на континенте. Конфликты современной Африки можно представить как порождение войны цивилизаций [Хантингтон, 2003]. На континенте происходит не только борьба за ресурсы между представителями разных цивилизаций (свои интересы есть и у стран Запада, Китая, России), но и сама Африка на данный момент не являет собой целостного культурно-цивилизованного образования: борьба за сферы влияния ведется также и внутри стран. В Африке нет ни одного государства, располагающего достаточными геополитическими ресурсами, чтобы доминировать в регионе, стать инициатором и лидером регионального интеграционного процесса. Только ЮАР в состоянии играть некоторую существенную роль за пределами непосредственно прилегающего к ней региона.

Для всестороннего изучения условий и факторов возникновения военных конфликтов в Африке и составления предварительной серии карт, которая позволила бы визуализировать все эти факторы с использованием самых последних современных данных, потребовалось изучить все имеющиеся виды картографических материалов по этой теме. Карты военных конфликтов чаще всего обладают большой степенью субъективности. Это связано с тем, что в современном мире интересы разных политических сил создают такой широкий спектр информации, из которого крайне сложно вычленить наиболее объективную и правдивую.

Взгляд на те или иные конфликты в разных странах может кардинально различаться не только в СМИ, но и в научной сфере. Поэтому в политическом и геополитическом картографировании выделяют два назначения карт – научно-справочное и пропагандистское. В первом случае карты создаются с целью изучения процессов в пространстве и времени для приобретения новых знаний. Во втором – основным назначением картографического материала становится передача информации с целью оказания влияния

на точку зрения людей в том или ином политическом вопросе. С точки зрения пропагандистского подхода карты предоставляют множество способов манипуляции в интересах различных политических сил. Влияние политических и историко-географических карт и атласов на формирование мировоззрения нельзя переоценить. Геополитические карты и карты военных конфликтов отражают политические процессы и могут оказывать влияние на течение конфликта, то есть способны не только определять политический ландшафт, но с течением времени и формировать его. С помощью той или иной визуализации можно довести до массового сознания или даже навязать свою версию событий, создавая субъективное восприятие реальности.

Авторы ставили целью отражение реальной ситуации во всей ее многомерности и неоднозначности с помощью научно-справочного картографирования. Такой подход позволил объективно подойти к рассмотрению проблемы и создать серию карт для того, чтобы проиллюстрировать ситуацию максимально взвешенно, с предоставлением максимально объективной информации, которая может оказывать содействие в урегулировании и предотвращении военных конфликтов.

Предпосылкой создания карт послужило изучение большого количества информации и пространственных данных из открытых источников, в том числе картографиче-ских материалов (атласы, электронные карты, карты из энциклопедий), статистических данных [Всемирная книга фактов ЦРУ, https://www.cia.gov/index.html; ИТАР ТАСС, http://tass.ru], а также литературных источников, данных новостных сайтов и интернет-ресурсов. В числе картографических материалов изучены карты военных конфликтов Африки, представленные в научном журнале «Азия и Африка сегодня» (практически единственное в России периодическое издание по проблемам стран Азии и Африки, выходит с 1957 г.) и карты атласа, являющегося ежемесячным приложением к французской газете Le monde [Атлас Le Monde Diplomatique, 2011]. Кроме того, были привлечены карты, которые служат иллюстрациями для новостных порталов или специализированных сайтов, и карты, составленные в академических институтах, занимающихся изучением и анализом политических процессов и проблем. Очень информативными являются карты, представленные на сайте Учебного и научно-исследовательского института Организации Объединенных Наций [United Nations Institute for Training and Research, UNITAR, https://www.unitar.org/] с подробными пояснениями и комментариями представителей ООН.

Открытые, интерактивные и оперативные карты боевых действий в разных горячих точках были изучены на сайте militarymaps.info [https://militarymaps.info/]. Картографическая информация этого ресурса актуальна, наглядна и является качественным продуктом, способным заинтересовать как специалиста, так и широкого пользователя, позволяя анализировать и прогнозировать ситуацию. Использованы в исследовании и карты анимированного Атласа истории Африки, представленного на сайте Брауновского университета США [http://www.brown.edu/Research/AAAH/map.htm], которые показывают изменение границ на континенте между 1879 и 2002 гг., а также возникновение военных столкновений в результате экономических и демографических причин.

Все материалы, полученные в ходе исследования, были тщательно отобраны, проанализированы и обработаны. В результате создана база данных, позволяющая отображать наиболее важные показатели согласно целям исследования, и шесть тематических карт условий и факторов возникновения военных конфликтов на континенте: Политическая карта Африки, Колониальная Африка (на 1914 г.), Народы Африки, Религии Африки, Плотность населения Африки и Экономическая карта Африки. Все карты имеют одинаковый масштаб – 1 : 40 000 000 и единую картографическую основу.

Необходимость создания «Политической карты Африки» обусловлена тем, что на имеющихся в широком доступе политических картах и атласах континента встречаются ошибки или неточности; это связано часто с неопределенным правовым статусом территорий (Западной Сахары или Сомалиленда). Спорность территорий показывается российскими издателями картографической продукции по-разному (например, Южный Судан отображается и как суверенное государство, и в составе Республики Судан). Политическая карта Африки составлена по максимально доступным актуальным данным для ознакомления с политико-административной обстановкой в регионе.

Колониальный раздел материка к началу Первой мировой войны, границы колоний, а также независимых государств в Африке были показаны на карте «Колониальная Африка» (на 1914 г.) с использованием данных анимированного Атласа истории Африки [http://www.brown.edu Research/AAAH/map.htm]. Эта тема отображается на картах достаточно часто, однако не вся представляемая на них информация одинаково достоверна, кроме того, многие карты не дают сведения о прежних названиях современных африканских стран. Колониальный раздел Африки, изменение границ, вмешательство европейских стран в налаженные родоплеменные отношения в целях раздела территории – все эти события негативно воздействовали на становление идентичности в период формирования африканского общества.

Карта «Народы Африки» была составлена на основе произведения «Африка, этнографическая карта» (составитель Б.В. Андрианов, 1973 г.), где представлены основные этносы и историко-этнографические провинции Африки. Карта достаточно подробно показывает национальный состав Африканского континента посредством выделения этнических групп и подгрупп; цифровыми индексами обозначены отдельные этносы. Наряду с этой картой была привлечена и более современная карта главных этнолингвистических групп (1996 г., Библиотека Конгресса США, отдел географии и картографии). Данное произведение является менее подробным, и подход к выделению этнических групп отличается от отечественного, однако представленные на ней данные более актуальны. Помимо картографических материалов были использованы некоторые базовые труды по этнографии Африканского континента [Львова, 1981] для отображения деления Африки на историко-этнографические провинции и области.

При создании карты «Религии Африки» были проверены статистические данные по численности этнических групп [https://www.cia.gov/index.html], выделены основные религиозные течения – христианство и ислам. Традиционные местные верования были объединены; игнорировать широкий пласт населения – приверженцев этих верований невозможно, но их богатое разнообразие отобразить на карте очень сложно. Помимо стран с преобладанием одной религии представлены также страны со значительной долей нескольких конфессий.

Карта «Экономическая карта Африки», созданная с использованием статистических [http://www.imf.org/external/index.htm] и картографических источников, показывает экономический потенциал Африканского континента (в первую очередь промышленности). Из всего многообразия полезных ископаемых, представленных на материке, были выбраны для отображения наиболее значимые, занимающие значительную долю в ВВП континента. Изображение на карте показателя ВВП по ППС на душу населения важно для оценки благосостояния населения африканских стран. Показ уровня развития промышленного производства необходим с точки зрения понимания ряда процессов, способствующих дестабилизации политической ситуации в регионе. Рис. 1 и 2 представляют фрагменты карт этой серии.

Рис. 1. Фрагмент карты «Народы Африки», масштаб 1 : 40 000 000
Fig. 1. The fragment of map "People of Africa", scale 1 : 40 000 000

Карта «Плотность населения Африки» составлена на основе актуальных статистических данных на 2016 год о людности населения городов и субъектов государств.

Рис. 2. Фрагмент «Экономической карты Африки», масштаб 1 : 40 000 000
Fig. 2. The fragment of map "The Economy of Africa", scale 1 : 40 000 000

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По мере получения и анализа различных данных вся информация была структурирована в ГИС-проекте программы ArcGIS и на ее основе сформирована база данных, которая стала собранием сведений из всех вышеперечисленных источников. На основе анализа всех изученных материалов, включая и созданную авторами серию карт, которая отобразила предпосылки развития конфликтных ситуаций, была разработана методика создания аналитических и синтетических разномасштабных карт, представляющих тему военных конфликтов в Африке.

При разработке методики учитывалось, что при картографировании военных действий и противостояний могут отображаться разные процессы, а территории, вовлеченные в зоны военных конфликтов, различны по площади; к тому же при создании карт преследуются подчас разные цели. Поэтому для визуализации военных действий, которые ведутся на территории одного государства с учетом документальных подробностей и точности, предложены масштабы от 1 : 1 000 000 до 1 : 8 000 000. На таких картах должны быть показаны границы

государственные и временных образований, линии разъединения сторон (фактического контроля вооруженных сил), основные автодороги, локализация основных боевых столкновений, а далее, в зависимости от типа конфликта, – этнический или конфессиональный состав в регионе, распределение по территории природных ресурсов или промышленное освоение территории. Для комплексного отображения темы и визуализации ее в рамках охвата всего материка желательны масштабы 1 : 20 000 000 и 1 : 40 000 000.

В качестве возможных вариантов для создания подобных карт изучены продолжающиеся военные конфликты в Африке (табл. 1). Большинство из них являются прямым продолжением войн, начавшихся еще во второй половине XX в.

Таблица 1. Продолжающиеся военные конфликты в Африке
Table 1. Ongoing military conflicts in Africa

Страна/страны, где локализован конфликт	**Военный конфликт**	**Дата начала военных действий**
Египет	Революция в Египте и ее последствия	2011 г.
Республика Судан	Война в Дарфуре	2003 г.
Республика Судан	Конфликты в Южном Кордофане	2011 г.
Южный Судан	Гражданская война в Южном Судане	2013 г.
Ливия	Гражданская война в Ливии и ее последствия	2011 г.
Марокко	Конфликт в Западной Сахаре	1970 г.
Сомали	Гражданская война в Сомали	1986 г.
Эфиопия, Эритрея	Эфиопо-эритрейские пограничные конфликты	1998 г.
Бурунди	Беспорядки в Бурунди	2015 г.
Алжир, Тунис, Камерун, Нигерия, Мавритания, Марокко, Мали, Нигер, Чад, Нигерия	Борьба против исламистов, в частности африканских представителей ИГ и «Аль-Каиды»	2002 г.
Мали	Война за независимость Азавада	2012 г.
Нигерия	Конфликт в дельте Ниггера	1992 г.
Центральноафриканская республика	Конфликт в Центрально-африканской республике	2012 г.
Демократическая республика Конго	Конфликт в Киву	2004 г.
Демократическая республика Конго	Итурийский конфликт	1999 г.

Для демонстрации возможностей отображения военных действий, которые ведутся на территории одного государства (рис. 3), представлена карта «Операция ”Линда Нчи“ (21 октября 2011 г. – 31 мая 2012 г.)», где отображена кампания вооруженных сил Кении, проведенная для освобождения соседствующих с ней провинций Сомали от радикальных исламистов. Военные действия против исламистов на стороне правительственных сил Сомали кенийская армия начала вести в 2011 г. Карта иллюстрирует в достаточно мелком масштабе (1 : 8 000 000) основные направления военных действий вооруженных сил Кении, Эфиопии, Федерального правительства Сомали (ФПС) и Африканского Союза (АС).

Показаны территории, занятые исламистами до наступления кенийских войск и после, обозначены основные направления военных операций, указаны ключевые сражения, авиаудары по населенным пунктам, занятым исламистами, и их даты.

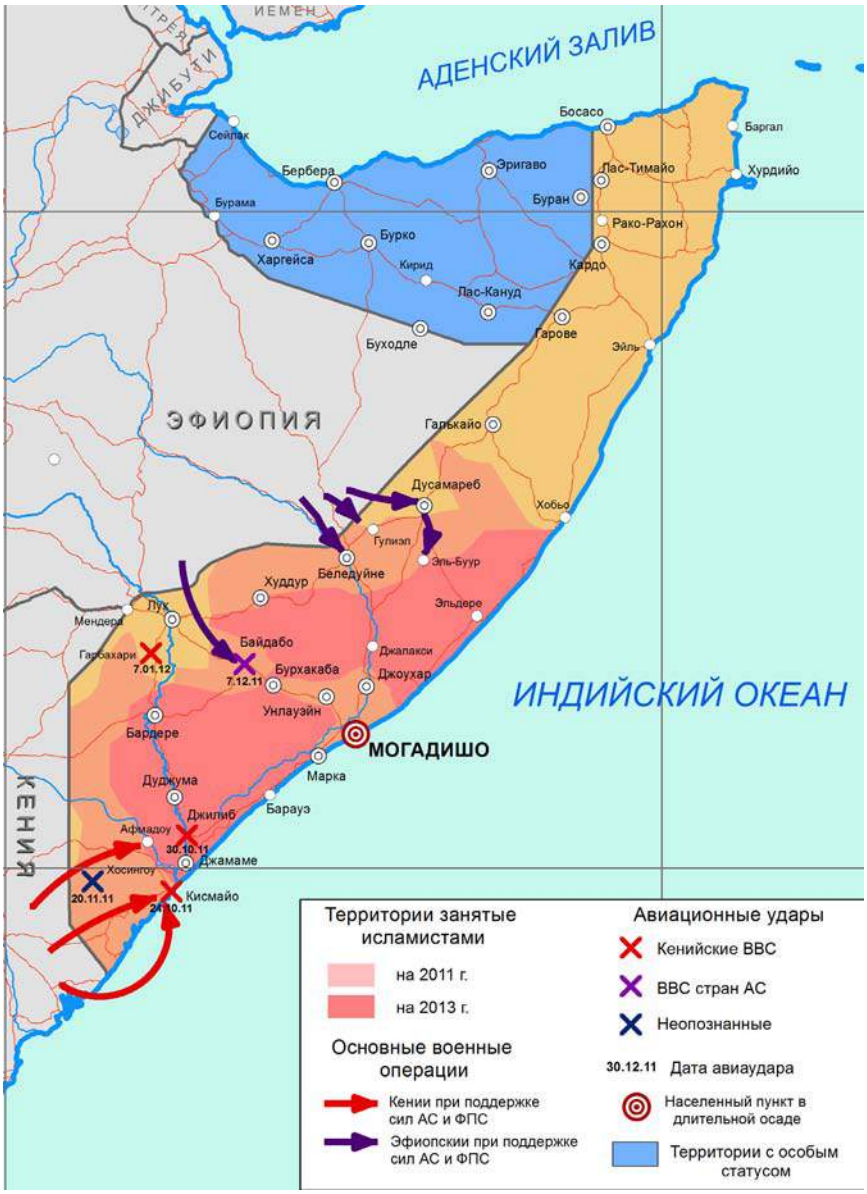


Рис. 3. Операция «Линда Нчи», масштаб 1 : 8 000 000
Fig. 3. Operation "Linda Nchi", scale 1 : 8 000 000

Результатом работы над методикой синтетического картографирования военных столкновений является карта «Военные конфликты в Африке, 2016 г.», которая демонстрирует общие принципы и природу военных конфликтов на континенте, дает понимание характера военных действий, позволяет комплексно оценить сложившееся положение на всей территории Африки. Для разработки ее содержания были использованы материалы из открытых источников: научных журналов Института Африки РАН, коллективных трудов и монографий, посвященных природе и причинам современных войн в Африке [Бельский, 1997; Culcasi, 2006; Williams, 2011]. Для того чтобы задействовать всю возможную информацию по актуальному состоянию военных конфликтов, при составлении данной карты были использованы матери-

алы средств массовой информации (РИА Новости, BBC, CNN, RT), а также данные, полученные с сайта Uppsala Conflict Data Program (ресурс создан на базе Уппсальского университета).

Существует целый ряд классификаций военных конфликтов по разным параметрам. Наиболее часто используемые представлены в табл. 2.

Таблица 2. Классификации военных конфликтов
Table 2. Classifications of military conflicts

Классификация	Виды конфликтов	Пояснения
По характеристике участвующих субъектов	Межгосударственные	Субъектами являются страны
	Внутригосударственные	Субъектами выступают правящий режим, с одной стороны, и антиправительственные группы (религиозные, этнические, социальные), с другой
	Смешанные	Принимают участие все описанные выше субъекты
По масштабу	Мировые	Большое количество стран-участников конфликта на разных континентах
	Региональные	Участвуют два и более государства, боевые действия ограничиваются одним географическим регионом
	Локальные	Военные действия ведутся в рамках одного государства
По интенсивности (степень использования вооруженных сил в боевых действиях)	Высокоинтенсивные	Не менее 50 % от общей численности вооруженных сил
	Среднеинтенсивные	25–50 % от общей численности вооруженных сил
	Низкоинтенсивные	До 25 % от общей численности вооруженных сил
По применяемым средствам	С применением оружия массового поражения	Под оружием массового поражения понимается в первую очередь химическое и ядерное вооружение
	С применением только обычных средств поражения	
По наличию третьей стороны	С внешним вмешательством	Другие государства как в регионе, так и в мире могут помогать сторонам конфликта поставками вооружения, вводом войск, бомбардировкой территории и т. д.
	Без внешнего вмешательства	
По степени урегулирования	Разрешенные	Конфликты, в результате которых было подписано мирное соглашение
	Неразрешенные	Военные действия продолжаются
	Замороженные	Военные действия были приостановлены, достигнуто перемирие, но мирный договор не заключен

Рис. 4. «Военные конфликты в Африке», масштаб 1 : 20 000 000
Fig. 4. "Military conflicts in Africa", scale 1 : 20 000 000

Так, например, в коллективной работе [Конфликты…, 2013] рассмотрена следующая типология. На первом месте – конфликты, которые связаны с борьбой этнополитических элит за доминирование во власти в условиях катастрофической бедности и экономической деградации (например, Руанда и Бурунди). Второй тип конфликта связан с политизацией этнорелигиозного фактора. Как правило, это происходит при попытке

доминирующего этноса навязать свою религию всему населению страны, такие противоречия часто возникают между арабским и африканским населением. Третий тип конфликта непосредственно связан с распадом центральных государственных структур, в результате чего происходит вооруженная борьба между этническими кланами.

Для содержания карты масштаба 1 : 20 000 000 разработана типология военных конфликтов, отличная от рассмотренных ранее: 1) по предмету спора и 2) по фактору воздействия.

В первом случае из всего многообразия целей, преследуемых сторонами конфликта, выделены три основные: борьба за власть (стремление получить власть на всей территории государства), борьба за независимость (стремление региона обрести суверенитет) и борьба за ресурсы (в том числе человеческие). Говоря о факторе воздействия, следует отметить, что большинство современных военных конфликтов в регионе являются многофакторными. От этого обстоятельства зависит выбор способа изображения. Для разработки типологии были учтены основные факторы, усугубляющие вооруженное противостояние: этноконфессиональный (влияние различий в культуре, этнических традициях, вероисповедании), исторический (причины заложены в колониальном прошлом стран), геополитический (сталкиваются крупные политические силы, идет борьба за зоны влияния), социально-политический (поводом к вооруженному конфликту служит недовольство властью, его политикой и уровнем жизни).

На карте «Военные конфликты в Африке» (рис. 4) разработанная типология представлена на территории всей страны. Это вызвано в первую очередь тем, что большинство конфликтов в Африке не имеет четкой территориальной привязанности (большие незаселенные пространства и слабая организованность государственных структур позволяют военным действиям, изначально имеющим четкую локализацию, распространяться очагами по всей стране).

Степень активности военных действий, показанная на карте, является оценочным показателем, который основан на статистических данных о количестве погибших по причине вооруженного конфликта. Этот показатель был разработан в рамках данного исследования: низкая степень активности соответствует численности погибших до 100 человек, средняя 100–1000, высокая – свыше 1000 человек. Анализ карты дает возможность определить, что тип конфликта «борьба за власть» относится к 15 из 20 рассматриваемых стран. Географически этот тип представлен в экономически слаборазвитых государствах (на этом фоне выпадают из общей картины арабские страны, но события *Арабской весны* негативно повлияли на благосостояние населения и экономику стран). В таких государствах наиболее ощутимо расслоение общества, большой процент людей живет за чертой бедности. Очень часто именно в бедных странах, где огромную роль в жизни общества играет ислам, возникают конфликты с участием террористических организаций.

ВЫВОДЫ

В рамках исследования вооруженных конфликтов, возможностей их разрешения и предотвращения возникновения в будущем картографический подход становится одним из наиболее значимых и используемых. В ходе исследования были проанализированы предпосылки военных конфликтов в Африке, факторы, влияющие на их развитие, изучены возможности и методы картографирования военных конфликтов в регионе. В результате на основе актуальной информации была создана серия карт, показывающая предпосылки возникновения этих конфликтов на континенте. Карты содержат большой массив качественной и количественной информации, полученной из различных источников, предоставляют возможность изучать эти процессы и получать новые данные и новые знания.

Карты, представляющие военные действия на локальных территориях (например, «Операция ”Линда Нчи“»), направлены на изображение этапов конфликта, хода военных действий, расстановки сил. Такие карты являются ознакомительным и прогнозным материалом, могут помочь изучить историю конфликта, составить прогноз дальнейших военных действий, увидеть и оценить итоги.

Типология военных конфликтов разработана и представлена на карте «Военные конфликты в Африке, 2016 г.», масштаб 1 : 20 000 000. В основе этого мелкомасштабного изображения – глобальный охват и оценочная составляющая. Типология, проведенная по базовым показателям, которые заложены в основу возникновения конфликтной ситуации, позволяет оценить вооруженные противостояния с точки зрения их природы и характера.

Анализ карты дает возможность увидеть, что в большинстве стран, в которых ведется борьба за власть, основными факторами воздействия являются социально-политический и геополитический (захват новых территорий и расширение зон влияния). На территории более десятка стран действуют террористические организации, а геополитические амбиции приводят некогда стабильные регионы в состояние войны. Созданная карта это наглядно демонстрирует.

Карта также позволяет быстро отследить, в каких конфликтах важную роль играют геополитический фактор и социально-политическая нестабильность, а в каких – конфликты, возникшие из-за этнических противоречий. Страны, наиболее подверженные дестабилизации, чаще всего имеют не одну причину, приводящую к возникновению конфликта. Количество факторов и их тип прямо влияют на характер военных действий, их продолжительность и вероятность урегулирования конфликта. Наиболее продолжительными являются военные конфликты, на которые, помимо всего прочего, воздействует этнический или религиозный фактор.

Войны на Африканском континенте обладают большим разнообразием: отдельные конфликты имеют разный генезис, стороны конфликта обладают разными целями и мотивацией, и, естественно, в каждом случае подход к их разрешению должен быть индивидуальным. Несмотря на это, визуализация типологии военных конфликтов в Африке позволяет дать комплексную характеристику текущим военным конфликтам, оценить сложившуюся ситуацию, посмотреть на военные действия под другим углом, оценить возможности урегулирования возникающих противоречий. Карта типологии военных конфликтов, являясь аналитическим инструментом, может быть интересна представителям различных ведомств, организаций, занимающихся вопросами внешней политики и безопасности, а также широкому кругу лиц, интересующихся исследованиями современных военных конфликтов на континенте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анимированный атлас истории Африки. Электронный ресурс: http://www.brown.edu/Research/AAAH/map.htm (дата обращения 30.02.2018).
2. Атлас Le Monde Diplomatique. Пер. с франц. М.: Центр исследований постиндустриального общества, 2011. 219 с.
3. *Бельский В.Ю.* Африка. Континент конфликтов. Международная жизнь. 1997. № 8. С. 69–75.
4. Всемирная книга фактов ЦРУ. Электронный ресурс: https://www.cia.gov/index.html (дата обращения 14.02.2018).
5. Конфликты в Африке: причины, генезис и проблемы урегулирования (этнополитические и социальные аспекты). М.: Институт Африки РАН, 2013. 459 с.

6. *Львова Э.С.* Этнография Африки. Монография. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 251 с.
7. Современная Африка: метаморфозы политической власти. Отв. ред. А. М. Васильев / Л. В. Гевелинг, А. Б. Давидсон, И. И. Филатова и др. М.: Восточная литература, 2009. 494 с.
8. *Хантингтон С.* Столкновение цивилизаций. М.: АСТ, 2003. 603 с.
9. *Culcasi Karen*. Cartographically constructing Kurdistan within geopolitical and orientalist discourses. Political Geography. 2006. No 25. P. 680–706.
10. *Howard W. French.* China's second continent: how a million migrants are building a new empire in Africa. Hradcover, 2014. 304 p.
11. *Williams Paul*. War and Conflict in Africa.Wiley, 2011. 320 p.

REFERENCES

1. Animated Atlas of African History 1879–2002. Available at: http://www.brown.edu/Research/AAAH/map.htm (accessed 30.02.2018).
2. Atlas Le Monde Diplomatique. M.: Research center of postindustrial society, 2011. 219 p. (in Russian).
3. *Belsky V.Yu.* Africa. A continent of conflicts. International Affairs. 1997. No 8. P. 69–75 (in Russian).
4. Conflicts in Africa: causes, genesis and problems of settlement. (ethno-political and social aspects). M.: Institute of Africa. RAS, 2013. 459 p. (in Russian).
5. *Culcasi K*. Cartographically constructing Kurdistan within geopolitical and orientalist discourses. Political Geography. 2006. No 25. P. 680–706.
6. *Howard W. French.* China's second continent: How a million migrants are building a new empire in Africa. Hradcover, 2014. 304 p.
7. *Huntington S.* The Clash of civilizations. Moscow: AST. 2003. 603 p. (in Russian).
8. *Lvova E. S*. Ethnography of Africa. Monograph. Moscow: Moscow University Publishing house. 1981. 251 p. (in Russian).
9. Modern Africa. Metamorphoses of political power. Ed.: Vasilyev A.M. / Geveling L.V., Davidson B.A., Filatova I.I. and others. Moscow: Eastern literature, 2009. 494 p. (in Russian).
10. The World Factbook – CIA. Available at: https://www.cia.gov/index.html
11. *Williams P.* War and Conflict in Africa.Wiley, 2011. 320 p.

Sergey M. Burkov[1], Igor P. Loginov[2], Sergey Z. Savin[3]

GEOINFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF ETHNO-CRIMINOLOGICAL SITUATION IN PRIAMURYE

ABSTRACT

Growth of narcological disease, its distribution in regions of the moderate and low risk, preclinical diagnostics and methods of revealing of contingents of risk of a drug addiction staticize the big moral and economic losses connected with treatment and social protection of patients, inevitable direct and indirect losses of productive forces, absence of accessible methods interdisciplinarity researches. Are spent socially-psychological, narcologo-epidemiological, ethnocultural, criminological and medicogenetic researches of features of distribution of chemical dependences in territory of Amur region of Khabarovsk territory. Despite certain successes in business of preventive maintenance, early diagnostics and treatment of narcotisms, the problem of distribution of psychoactive substance remains to one of the major for medicine, criminology, sociology, psychology and economy of Far East federal district. Methods of studying of behavioural reactions of persons inclined to dependent behaviour, medico-genetic methods, psychologo-sociological methods, methodology ethnocultural and transcultural analysis, methods of information modelling with application of new information technology are used psychometric and sociometric. Results of GIS-researches will allow to improve structure of the psychological and narcological help to the region population, development of effectual measures of social protection, preventive maintenance and a mental health care of the population of Amur region.

KEYWORDS: geoinformation system (GIS), socially significant disease, epidemiology, psychoactive substances (PS), social psychiatry.

INTRODUCTION

Narcotism and alcoholism is the inconsistent and most dangerous phenomena in life of a modern society. Comprehension of this tragical danger forces to analysis attentively results of the measures accepted for struggle against the given phenomenon. Drugs is the one of those problems which probably to solve only at mankind level as a whole (United Nations Office for Drug Control and Crime Prevention. Drug abuse rapid situation assessments and responses. Vienna, March 1999. 47 p. https://unstats.un.org/home; accessed 11.04.2018). Drugs is deadly threat to present and future generation of people. Drugs deform the person of the person, not without reason the most brutal crimes are made by the people drugged by a drug. At the addict in so-called "withdrawal" there is an insuperable requirement for drugs contrary to everything, is frequent it much more strongly, than abstinence syndrome at the alcoholic [Sourse book…, 1996]. In such situation there is a fixing of all spheres of the person (physical, psychophysiological, psychological and socially-psychological) on satisfaction of such requirement. If to analysis those crimes which are made because of a narcotism and alcoholism their considerable part is caused at all by aspiration to extract money for a dope, and by a consequence of the most narcotic or alcoholic intoxication (About the state sanitary and epidemiological wellbeing of the population in the Russian Federation in 2013: survey report. M.: The Federal service for supervision of consumer rights protection and human well-being, 2014. 191.). Initial process of

[1] Pacific National University, Tihookeanskaya str., 136, 680035, Khabarovsk, Russia, *e-mail:* **c_burkov@mail.ru**
[2] The Far Eastern State Medical University, Muravyov-Amursky str., 35, 680000, Khabarovsk, Russia, *e-mail:* **log-i-p1954@mail.ru**
[3] Pacific National University, Tihookeanskaya str., 136, 680035, Khabarovsk, Russia, *e-mail:* **savin.sergei@mail.ru**

the use of drugs creates such proof neurophysiological and psychological changes in a human body that treatment of addicts turns in very expensive and labour-intensive process. The use of drugs by men and women in the genital period of life leads to occurrence of children already having irreversible changes in a brain. Narcotism – process self-induced, itself regenerating. Communication with definitely life and sources of reception of drugs is often traced. The narcotism in many senses is immoral, since freedom of one person should not enter into the contradiction with the elementary rights of others [Bobak et al., 1998]. The use of drugs is one of symptoms of various neurotic conditions [Sourse book…, 1996; Hibell et al., 1998]. Drugs in an interlacing of various neurotic conditions transform all addicts into psychological copies of the person each other. The use of drugs is only a consequence, instead of the reason. If to treat only a consequence, without having cleaned the reason leading to a narcotism such treatment of success has no [Hofman et al., 2010; Loginov et al., 2015]. Dependence between abusing narcotic substances on the one hand and social, psychological, genetic and biochemical characteristics of patients [Sourse book…, 1996; Hibell et al., 1997] is authentically studied. It is possible to list in decreasing order the most important signs, being factors of development of a narcotism: alcoholization of one or both parents; neglect; low general educational level of a family; high level of a conflictness in a family and disputed character of mutual relations with associates; an incomplete family; low authority of parents and, especially, the father; biologically changed constitution of an organism (characterologic anomalies, psychopathysation, brain-organic insufficiency and so forth). In narcotism and alcoholism distribution far not last role is played also by social factors [Bobak et al., 1998; Mostovoy, Mihaylov, 1999]. Clearly that so difficult phenomenon cannot be investigated within the limits of one scientific discipline, methods of the system analysis and the interdisciplinary approach therefore are so important and actual. The purpose of our researches is working out on the basis of the system analysis of practical recommendations for employees of bodies of public health services, social protection and the law and order on diagnostics, the differentiated estimation of frustration of the person at alcoholism and a narcotism, to the differentiated choice of means of treatment and rehabilitation of patients and preventive maintenance of chemical dependences in territory of Amur region of Khabarovsk territory.

MATERIALS AND METHODS

As research material 60 men at the age from 26 till 50 years with the diagnosis "alcoholic dependence" by criteria ICD-10, Amur region constantly living in territory and not connected among themselves relationship bonds have served. Control sample is generated from almost healthy 60 men of the same age group which are not consisting on the account at the psychiatrist or the expert in narcology and denying by results of structured interview and the retrospective analysis the facts of abusing of PS. At selection of a clinical material it was found out also hereditary burdeness, the transferred illnesses and traumas, features of previous development and character and person formation, vital events, interests and habits. Research does not join patients at which alcoholism is combined with other mental diseases, 3rd stages sick of alcoholism sick of alcoholism at which abusing alcohol was combined with regular reception of other psychoactive substances, with presence premorbid pathologies of the person, consequences of organic defeats of a brain and accompanying somatic diseases, and also patients aged are younger 26 and is more senior 50 years. Influence of these factors is important for excluding to find out a role actually alcoholisation in occurrence and development of the specified kinds of frustration of the person. As a result 30 persons with authentic signs of the alcoholic dependence which have reached of a stage of full development of illness without obvious participation additional diseases and pathoplastic of factors have been selected.

For ethno-ecological researches we had been used methods of psychological anthropology (PA). The PA includes a trans and crosscultural researches in the field of psychiatry and narcology, is based on multidisciplinary researches and concerns to integrative to the sciences studying the person in all forms. The basis of narco-psychiatric symptoms is covered in three main reasons: social, psychological and individually-biological. Relative density and the importance of a making triad conditional are connected with features of population in which conditions there is a formation of clinical psychotype [Hibell et al., 1997; Hofman et al., 2010]. For the correct analysis, interpretation and gathering socially-psychological and ethnocultural given we had been created special questionnaires. For a basis of methodological principles of drawing up of psychodiagnostic questionnaires were the ideology of tests of Leary, Lusher, UCLA, MMPI and also means of questioning earlier developed by us in groups of the narcological risk, added with questions on features of group behaviour is used. Along with it the approved methods of sociometria, social psychiatry, social psychology (interview, tests, supervision, questionnaires and so forth) have been used Psychodiagnostics, psychological anthropology (PA). From positions of the PA the ethnopsychiatry and ethnonarcology can be studied integrative as multidimensional GIS-space of versatile signs. Thus the basis of psychiatric symptoms is covered in the social, psychological and individually-biological reasons. Relative density and the importance of making this triad conditional are connected with features of population in which conditions there is a formation of clinical behavioural psychotype. Dependent or addictive the behaviour (DB) is characterised by aspiration to leaving from a reality by means of change of the mental condition. If the person lives in conditions addictive systems, it becomes fractal the carrier of characteristics of this system that imposes on its person and the subsequent life a serious print.

Thus as material substratum DB not necessarily serves what either a physical body or chemical substance. But chemical dependences give to the person somewhat unique experience of perception of a reality at the expense of perception "shift" in touch channels which is perceived in the form of unusual visual images, sounds, corporal sensations. Familiarising with new "positive" experience and residing causes it dependence on the experience. In this case the chemical substance is only the stimulus starting possibility of connection with new experience. Thus, it is possible to allocate classes and stimulus of not chemical influence for perception of a reality. At society level probably use synergetic approaches of researches, and at level of group behaviour is the most effective application of methods of theoretic-game modeling of disputed systems [Barabash et al., 2005; Loginov et al., 2015]. By us have been used psychometric and sociometric methods of studying of behavioural reactions (screening-poll, interview, testing, game, interaction), medical methods (poll, natural supervision, catamnesis, epidemiological research), sociological methods (studying of medical and social activity of patients in the course of interview), methodology ethnocultural and transcultural the analysis, methods of information modelling, medico-ecological geoinformation systems (MEGIS) [Barabash et al., 2005; Bolstad, 2005; Kosykh et al., 2008]. Besides the narcoepidemiological, sociological, demographic, criminal statistics and the data of social and ecological intensity as thematic layers GIS data [Heywood et al., 2006; Harvey, 2008; Burrough et al., 2015; Kaganovich et al., 2018] on distribution of PS, narcological disease, and also macroeconomic and socially-demographic parameters (natural increase and decline in population indicators, population employment, age-gender structure, a migration index, a crime rate, a turn of PS and so forth) [Fedorov, Romanov, 1999; Kosykh et al., 2008; Platonov, 2012].

RESULTS

Our interdisciplinary researches testify to presence of close interrelation between various ethnic and sociocultural characteristics, clinical structure and dynamics of variety of mental frustration and is criminal-addictive behaviour among the population of the

Far East of Russia. The analysis of the statistical data testifies to steady involving of the population in processes of narcotization, decrease in age of familiarising with psychoactive substances, spectrum expansion narcotically the operating substances which are accessible to consumer. In spite of the fact that currently number narcodependent, being on the account in edge narcoclinics while essentially concedes to cases of chronic alcoholism, the tendency of growth of number of patients with given nosology should cause fears. At multidisciplinary researches of a narcological situation in edge we have faced a number of methodological problems. For reception of an objective picture of narcodisease as rather an unusual occurrence for the small population non-uniformly distributed on the extensive area, as a rule, corresponding research resources, auxiliary forces and a considerable cost of transportation [Barabash et al., 2005] are required.

Specificity in this business is introduced by national and social and economic distinctions of the population, non-uniformity and heterogeneity of a communication and transport network. 20-year-old forwarding experience in lower reaches of the Cupid, including territories of compact residing of the radical (native) population, allows to give some rough estimate of narcological conditions without carrying out of special psychosocial of medical examination which is based on the indirect information from sources which can be trusted. Researches from positions of the system analysis have allowed to estimate the contribution of psychiatric illnesses to the capital of mental health of region. In the course of GIS-researches within the limits we had been created methodology of an estimation of losses from this kind of psychiatric diseases in Khabarovsk territory (straight lines, indirect, public, social, economic), definitions of critical zones of growth of losses, working out of a technique of an integrated estimation of psychiatric losses, calculation of expected losses on individual and population level, at various stages of the basic forms of dependences is carried out.

The psychopathology, clinical pathomorphosis alcoholism at the radical people has been studied, dynamics of development of dependences, psychotherapeutic approaches to treatment and rehabilitation of consumers of psychoactive substances are planned. The beginning of the incidental use of hashish at small nationalities is necessary on age of 7–9 years, at Russian – 10–12 years. The age of the beginning of the regular use of hashish at small nationalities has made 10–10,5 years – in countryside and 12–14, years – in cities, among Russian – 12–14 years. It speaks easy availability and an abundance of growing hemp in countryside. Hashish use not only for smoking, but also add in tea during meal. Studying of genealogical characteristics at drug patients among indigenous people has shown high figures hereditary burdeness – at 28,9 % of patients one of parents suffered alcoholism and incidentally used hashish, 16,3 % of cases fathers suffered hashish a narcotism and passed treatment together with the children, in 4,6 % of cases one of parents suffered a schizophrenia, in 28,0 % – intellectual backwardness, in 5,9 % – an epilepsy. Causes alarm that in 50,4 % of parental families in group of small nationalities the relation to the use of drugs positive, and in 26,7 % – indifferent.

In group of Russian active counteraction was rendered by almost all parents. In group of the small nationalities living in countryside, at 20,3 % of patients the condition narcotic intoxication was estimated as depressive, at 8,1 % of patients – with elements explosivity, at 29,2 % of patients euphoria with silliness prevailed, at 30,1 % of patients the condition was characterised as wavy with change depressive, explosive and euphoric conditions. As a rule, the arising condition of depression passed in some minutes in euphoria with silliness, on the contrary, the euphoria condition passed in a depression condition. The reasons somatoform frustration and neurologic characteristics at teenagers, consumers of PS, psychophysiological features and the somatic frustration influencing on deviant behaviour, a spectrum somatoform frustration, correlation with level of the conflict, an adaptation and

training problem, communication somatoform frustration and teenage aggression, degree somatoform and behavioural frustration at victims of physical and mental violence were analysed [Barabash et al., 2005].

According to our GIS-researches, relations to ceremonial activity at modern natives of Amur region it is far not unequivocal [Loginov et al., 2015]. If to take only one aspect ethnocultural conditions, namely activity performance as that distribution looks so: follow, as a rule, to various forms of ceremonial activity – 23 %; follow sometimes – 46 %; do not follow – 31 %. With high degree of reliability it is established that activity of following cultural to activity promotes preservation of personal structure and social adaptation in ethnocultural to environment, but does not prevent from development of more and more malignant psychopathological variant of a current of alcoholism. Leaving from performance ethnocultural activity considerably complicates social adaptation in a circle of the ethnos, but forms optimum – a somatopathological variant of alcoholic dependence is more often. So, ethnobiological level cultural influences on an alcoholism current has not direct concrete answers, and is mediated through a difficult complex of biosocial adaptable mechanisms [Mostovoy, Mihaylov, 1999]. Multifactorial clustered the analysis has allowed to unite groups of administrative areas of Khabarovsk territory similar among themselves on a number of parametres, in so-called medico-ecological zones (see cards-schemes on Fig. 1). In these zones (Fig. 1) was spent rank the analysis (the above a rank, the more darkly zone colouring) abusings of PS against some forms of accompanying lethal and not lethal diseases (psychiatric, immuno-scarce, demyelination), criminogenic situations and etc. [Barabash et al., 2005; Kosykh et al., 2008].

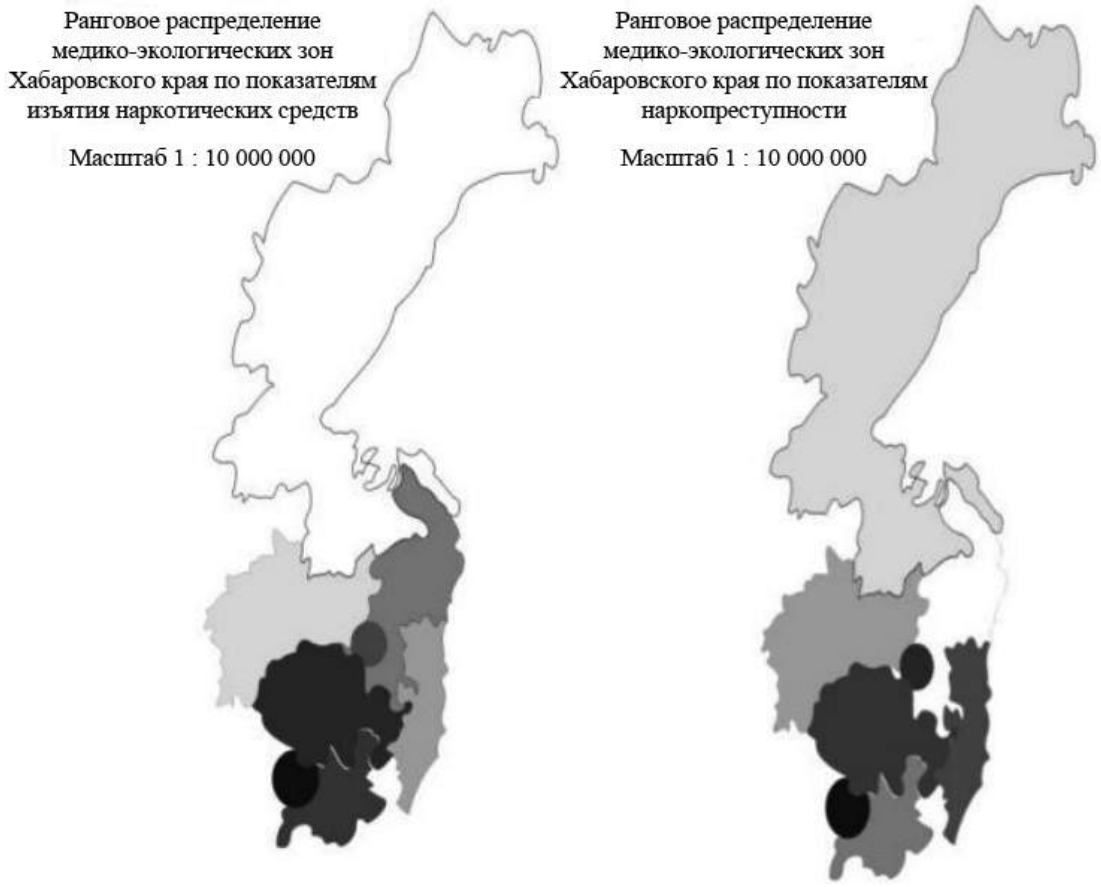


Fig. 1. Rank indicators of a narcological situation in Khabarovsk territory

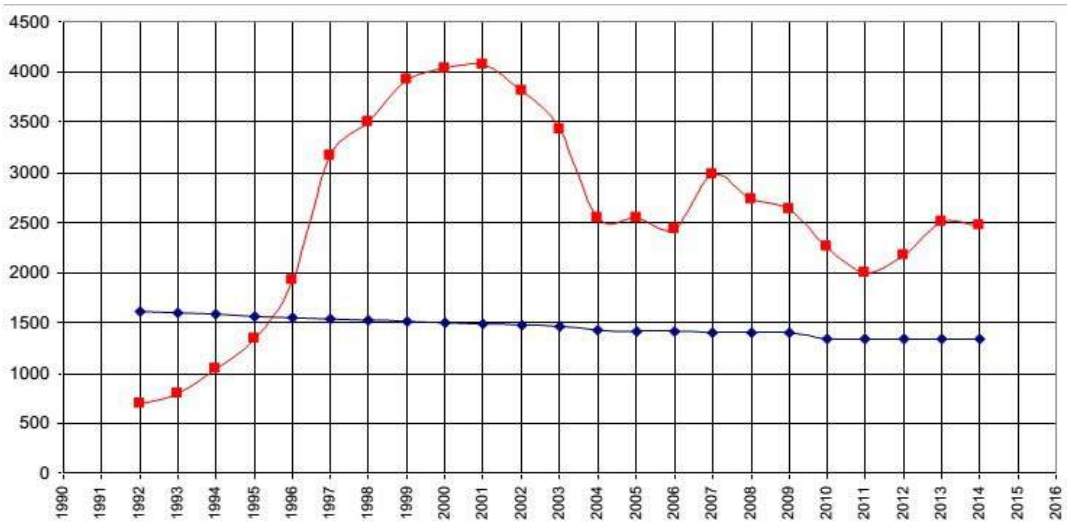


Fig. 2. Quantity of crimes on a drug trafficking

– population of Khabarovsk territory in hundred peoples

– quality of crimes on a drug trafficking

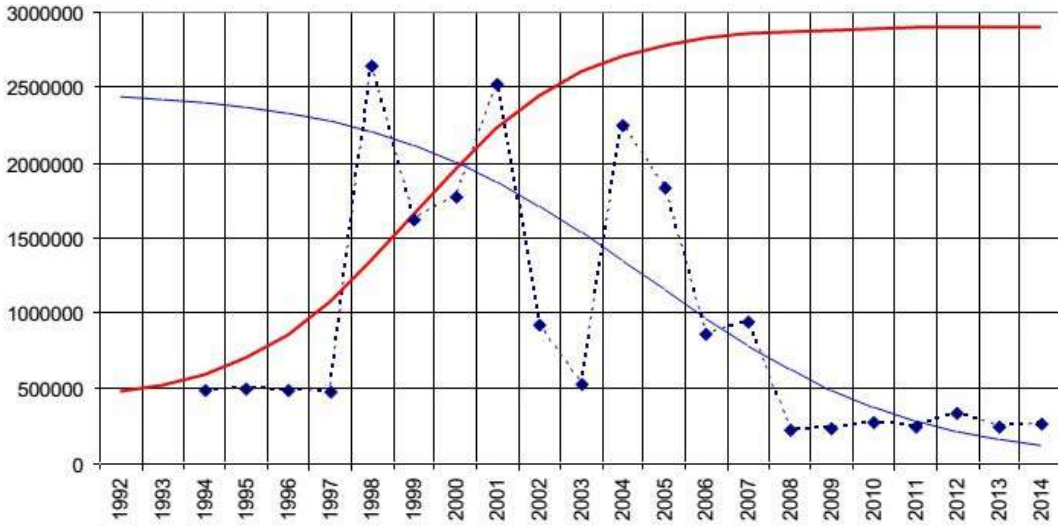


Fig. 3. It is withdrawn drugs

– withdrawn drugs in gramm

– model 1

– model 2

Fig. 2–3 reflect the cores social and economic and criminogenic factors of distribution of PS.

The Fig. 2 illustrates the data about number of the crimes connected with a drug trafficking in Khabarovsk territory from 1990 for 2014 in comparison to dynamics of population of edge for the same period. From this data direct communication between population and quantity of similar crimes is not seen. This fact can be interpreted in such a manner that medical and biologic factors are not defining, at least, in criminality sphere. Much bigger value data on superprofit from illegal activity on spread of drug addiction and variable have activity of law enforcement bodies in struggle against this phenomenon [Barabash et al., 2005]. As an example we will consider indicators of withdrawal of drugs

in the course of struggle against the criminality, presented on Fig. 3. It is possible to notice that after especially successful actions and withdrawal of large parties of narcotic substances within 2–3th years in region level of drug trafficking and, accordingly, quantity of the withdrawn drugs) sharply falls – model 1. Even if drug dealers for this period find ways to restore delivery of narcotic substances, the total turnover of drugs decreases – model 2. From the resulted data it is visible that for last decade it was possible to lower and stabilise some a crime rate in Khabarovsk territory, connected with drugs.

CONCLUSIONS

Steady universal growth of narcological disease, its distribution in regions of the moderate and low risk, preclinical diagnostics and methods of revealing of contingents of risk of a drug addiction staticize the big moral and economic losses connected with treatment and social protection of patients, inevitable direct and indirect losses of productive forces, absence of accessible methods interdisciplinarity researches by geoinformation system.

A theoretical basis of workings out is the social psychiatry, ethnocultural and transcultural methods, the system analysis and mathematical modelling with application of methods of social psychology, the device of the theory of games and geoinformatics for processing of the versatile information at decision-making on optimization of structure of the psychological and narcological help.

For the first time the narcological situation in Khabarovsk territory is investigated in socially-psychological aspect with attraction of related subjects: psychiatry, ecology, economy, mathematics, computer science, cultural science, ethnography, political science, conflictology.

The GIS-analysis of distribution of a group drug addiction has allowed to reveal socially-psychological, ethno-narcological and medico-ecological features of region.

Having defined the main reasons predetermining a meeting of the person from PS, it is possible to define and effective tactics of search of an exit from a state of dependence as begins possible to represent and algorithm of occurrence and narcotism and alcoholism development, and versatile risks.

REFERENCES

1. *Barabash P.I., Posvalyuk N.E., Savin S.Z., Motrich E.L., Shamov V.V.* Using of geoinformation systems for narcological-demography monitoring of the Far East. Research in Russia. 2005. No 1. P. 740–752 [e-journal]. URL: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles / 2005/068.pdf. 068/041212, (accessed 10.04.2018) (in Russian).

2. *Bobak M., Pikhart H., Hertzman C.* Socioeconomic factors, perceived control and self-reported health in Russia. A cross-sectional survey. Soc Sci Med 1998; 47: 269–279.

3. *Bolstad P.* GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, Second Edition. White Bear Lake, MN: Eider Press, 2005. 543 p.

4. *Burrough P.A., McDonn R.A., Lloyd C.D.* Principles of Geographical Information Systems (Spatial Information Systems). New York: Oxford University Press, Third Edition. 2015. 432 p.

5. *Fedorov M.P., Romanov M.F.* Mathematical basics of ecology. SPb.: SPbGTU Publishing, 1999. 156 p. (in Russian).

6. *Harvey F.A.* Primer of GIS, Fundamental geographic and cartographic concepts. The Guilford Press, 2008. 31 p.

7. *Heywood I., Cornelius S., Carver S.* An Introduction to Geographical Information Systems. 3rd edition. Prentice Hall. 2006. 446 p.

8. *Hibell B., Andersson B., Bjarnson T., Kokkevi A., Morgan M., Narusk A.* The 1995 ESPAD report. The European School Survey on Alcohol and Drugs. Alcohol and Other Drug Use Among Students in 26 European Countries. Stockholm, 1997. 294 p.
9. *Hofman A.G., Kojinova T.A., Yashkina I.V.* About alcohol situation in Russia and ways of optimization of antinarcological service // Independent psychiatry journal. 2010. No 2. P. 11–13.
10. *Kaganovich A.A., Prisiazhniuk S.P., Prisiazhniuk A.S., Karmanov A.G.* Geoinformation technologies in questions of spatial development // Disasters. 2018. V. 46, No 2. P. 352–364 (in Russian).
11. *Kosykh N.E., Lopatin A.S., Novikova O.Yu., Savin S.Z.* Geoinformation systems in medical ecology problems. Vladivostok: Dalnauka, 2008. 153 p. (in Russian).
12. *Loginov I.P., Solodkaya E.V., Savin S.Z., Congpei Zhang, Xigin Van, Liu Yulya, Yu Fenguy.* Transborder researches of the situation with mental health among teenagers // Far Eastern medical journal. 2015. No 1. P. 37–40 (in Russian).
13. *Mostovoy S.M., Mihaylov V.I.* Ethnocultural particularities of spread of alcoholism and alcohol psychoses in Khabarovsk krai. Khabarovsk: HKCPH, 1999. 54 p. (in Russian).
14. *Platonov Yu.P.* Ethnopsychology. M.: Academy Publ., 2012. 240 p. (in Russian).
15. Sourse book of substance abuse and addiction narcology. Friedman L.S., Fleming N.F., Robers D.H., Hyman S.E. (Ed.). Williams and Wilkins, 1996. 352 p.

УДК 528.942

Карпачевский А.М.[1], Филиппова О.Г.[2]

ВОЗМОЖНОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ

АННОТАЦИЯ

В данной статье авторы раскрывают смысл и взаимосвязь понятий надежности энергосистемы и ее подверженности аварийным ситуациям. Дано определение факторов надежности энергосистемы и их влияния на аварийность. Обоснована необходимость изучения и картографирования аварийности энергосистем в целях повышения надежности энергоснабжения. Отображена возможность использования открытых данных об аварийности в энергосистемах для анализа их работы. Подробно описаны структура данных, способ их интерпретации в табличный вид и пространственной привязки. Особое внимание уделяется выбору территориальной единицы картографирования: рассмотрены несколько ключевых подходов, применяемых в электроэнергетике. Среди них выбран наиболее подходящий для данного исследования.

С помощью агрегирования собранных данных проведено районирование энергосистем Российской Федерации по ведущей причине аварийных ситуаций. Предложен ряд репрезентативных расчетных показателей, характеризующих особенности аварийных происшествий в той или иной энергосистеме: количество аварий на один километр протяженности сети, количество аварий на единицу плотности сети, количество аварий в сетях разного типа, взвешенный аварийный коэффициент. Для каждого показателя обоснована причина его применения и показаны перспективы его дальнейшего использования.

На основе полученных данных и предлагаемых показателей создана серия из шести мелкомасштабных карт, иллюстрирующих особенности развития аварийных ситуаций в энергосистемах РФ. Анализ полученных результатов подтвердил репрезентативность предложенных показателей.

Основное назначение полученных карт прикладное, их использование помогает обнаружить «узкие» места в энергосистемах, определить ведущие причины аварий, соотношение различных причин аварий в конкретной энергосистеме.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрические сети, аварии, надежность энергосистемы, картографический метод исследования, открытые данные.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119234, Москва, Россия, *e-mail*: **karpach-am@yandex.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119234, Москва, Россия, *e-mail*: **missnothing96@yandex.ru**

Andrey M. Karpachevskiy[1], Oksana G. Filippova[2]

OPPORTUNITIES OF POWER SYSTEMS' EMERGENCY MAPPING BASED ON OPEN DATA

ABSTRACT

In this article we describe the meaning of such terms as power system reliability and power system exposure to emergencies. We define reliability factors of power system and their impact on emergency. We proved the necessity of studying and mapping emergency due to the case of improving power system reliability. Then we showed opportunity of open data application concerning power systems' emergency. This information is useful for analysis of power systems' work. We carefully described the structure of this data and the approach of its interpretation from text to tables and their georeferencing. We paid particular attention to the choice of territorial unit for mapping: three main methods applied in electric power industry are analyzed. The one of them that is the most suitable for the research is chosen.

We marked zones of the main emergency cause in Russia by aggregating acquired data. Some new indexes we suggested to characterize special features of emergencies: a quantity of emergencies per 1 km of pipelines, a quantity of emergencies per 1 unit of pipelines density, a quantity of emergencies in different types of power grids and weighted coefficient of emergency. For every index we explain the reason for use and its' perspectives.

On the basis of acquired data we created the series of six maps illustrating the character of emergencies in Russian power systems. We analyzed results to confirm indexes representativity.

The main purpose of created maps is the use for power systems management such as recognizing weak spots in power systems, indication of main reasons of emergencies and to find out what`s the ratio between the number of emergencies caoues by different reasons.

KEYWORDS: electrical power grids, emergencies, reliability of energosystems, map use, open data.

ВВЕДЕНИЕ

Надежность энергосистемы является комплексным свойством и определяется как «способность выполнять функции по производству, передаче, распределению и снабжению потребителей электрической энергией в требуемом количестве и нормированного качества…» [Системный оператор Единой энергетической системы. Глоссарий [электронный ресурс] URL: http://so-ups.ru/index.php?id=glossary#c993 Дата обращения 27.03.2018]. Возможность реализации энергосистемой этих функций зависит от ряда условий, которые в электроэнергетике традиционно оценивают с помощью различных расчетных величин, зависящих от технических параметров электроустановок (время бесперебойной работы, частота ремонтов и т. д.). Однако такой способ оценки не учитывает природные особенности территории и конфигурационные свойства сети, оказывающие значительное влияние на надежность энергосистемы [Филиппова и др., 2017]. Эти географические условия являются факторами надежности энергосистем. Анализ литературных и картографических источников показывает, что опыт их картографирования весьма невелик и сводится к созданию мелкомасштабных карт райони-

[1] Lomonosov Moscow State University, Department of Geography, Leninskie gory, 1, 119234, Moscow, Russia, *e-mail*: **karpach-am@yandex.ru**
[2] Lomonosov Moscow State University, Department of Geography, Leninskie gory, 1, 119234, Moscow, Russia, *e-mail*: **missnothing96@yandex.ru**

рования территории России по ряду гидрометеорологических и геоморфологических характеристик [Правила устройства электроустановок, 2008].

Аварийность является свойством, характеризующим критический уровень влияния тех или иных факторов надежности на энергосистему. На основе данных об аварийности возможно решить ряд задач, связанных с изучением надежности: выявить ведущие факторы надежности для конкретной энергосистемы, определить наиболее уязвимые участки энергосистем. Удобнее всего эти задачи решаются с помощью картографического метода исследования, который ранее не применялся для исследования данного свойства энергосистем. В связи с этим целью данной работы является анализ возможностей применения данных об аварийности для картографирования надежности энергосистем. Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач. Во-первых, необходимо собрать и синтезировать исходные данные об аварийности энергосистем России; во-вторых, на основе полученной информации предложить ряд показателей картографирования, отражающих влияние того или иного фактора на энергосистему.

Полученные на основе разработанных показателей картографические изображения могут стать удобным инструментом для географического анализа электросетевой инфраструктуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным источником данных об аварийности стали материалы еженедельной статистической отчетности Министерства энергетики, размещенные на официальном Интернет-ресурсе [Министерство энергетики. Оперативная информация об аварийных отключениях на объектах ТЭК [сайт] URL: https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/5022/67741. Дата обращения 28.03.2018]. Файл с данными отчетности представляет собой набор оперативной информации об аварийных отключениях на объектах топливно-энергетического комплекса с разделением по отраслям промышленности: газовой, угольной и электроэнергетики. В соответствии с этим файл включает в себя несколько разделов. В разделе об аварийных ситуациях в электроэнергетике представлена следующая информация:

- регион, в котором произошла аварийная ситуация;
- объект, на котором произошла авария (электростанции, подстанции, линии электропередачи);
- дата и точное время аварии;
- причины аварии;
- работы по устранению аварии;
- последствия для потребителей.

Значительным неудобством данного источника информации являются представление данных в текстовом виде и различие в полноте представленных сведений о той или иной аварии. Так, не всегда приводятся названия конкретных объектов, подвергшихся аварии; не всегда уточняются причины аварии. Поэтому самый первый и важный этап работы – формализация и структуризация исходных данных, приведение их в удобный для пользователя вид.

Для целей данного исследования были обработаны данные в период с 1 января по 31 декабря 2016 г. С официального ресурса Министерства энергетики было загружено порядка 65 файлов с информацией об аварийных отключениях. Представленные данные были внесены в таблицу Microsoft Excel. Ниже приведен фрагмент этой таблицы (табл. 1):

Соответствующим образом представлена вся информация об аварийных отключениях на территории РФ за год. Всего их произошло порядка 1000. Необходимо отметить, что учитывались только аварии на линиях электропередачи, имеющие напряжение более

110 кВ. Выбор такого критерия отбора информации связан прежде всего с необходимостью выделения наиболее существенных факторов надежности для энергосистем регионального уровня; рассмотрение более низких классов напряжения затруднит выделение ведущих причин аварийности на той или иной территории.

Таблица 1. Фрагмент таблицы данных об авариях в энергосистемах
Table 1. Fragment of the table of data on emergencies in power systems

Субъект РФ	Объект	Причина аварии
Красноярский край	1. ВЛ 110 кВ «ЛЭП-182»	Обрыв провода
	2. КВЛ 110 кВ Ванкорская ГТЭС-Мангазея	Обрыв гирлянды изоляторов на опоре 184
	3. ВЛ 110 кВ Надежда-ГПП103	Гололедно-изморозевые отложения
	4. ВЛ 110 кВ Районная-ГПП103	Гололедно-изморозевые отложения
	5. ВЛ 110 кВ Надежда-ГПП 49,51,59	Сильный ветер
	6. ВЛ 110 кВ Районная-ГПП 49,51,59	Техническая

Необходимо также формализовать и унифицировать причины аварийных ситуаций. Эта задача усложняется отсутствием какого-либо единого шаблона представления отчетности по аварийным ситуациям, вследствие чего причины аварий зачастую описаны с разной степенью подробности. Поэтому после создания итоговой таблицы все причины аварий были разбиты на следующие группы:

– технические (не зависящие от природных условий среды);
– вследствие атмосферных процессов (ветровые и гололедные нагрузки, грозы, налипание снега на провода);
– вследствие геоморфологических процессов (сход оползней и селей);
– вследствие гидрологических процессов (подтопления).

Ниже приведена табл. 2, иллюстрирующая общее количество аварий и их основные причины в регионах РФ.

Анализ полученной таблицы показывает, что более чем для 60 % представленных регионов основной причиной аварий являются технические происшествия, для 30 % – атмосферные процессы; около 10 % приходится на геоморфологические и гидрологические процессы. Суммарно для 40 % регионов преобладающая часть аварий связана с природными процессами. Необходимо отметить, что наибольшей аварийностью характеризуются как раз те регионы, в которых аварии происходят по причине воздействия природных явлений и процессов. К таким относятся Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Алтайский край и т. д. Наименьшее количество аварий характерно для регионов Центральной России, Поволжья, Черноземья.

Следующий шаг – выбор территориальной единицы картографирования. В картографии существует ряд традиционно использующихся территориальных единиц картографирования: ландшафтные, бассейновые, административно-территориальные. Однако в данном случае ни одна из этих территориальных единиц не соответствует особенностям предполагаемого для картографирования объекта – энергосистемам. Энергосистемы не приурочены к природным границам; зачастую они не совпадают с сеткой административно-территориального деления, так как обслуживают комплекс взаимосвязанных потребителей электроэнергии, разнесенных друг от друга на большие расстояния. В связи с этим целесообразно рассмотреть подходы к территориальному делению, используемые в электроэнергетике.

Таблица 2. Фрагмент таблицы «Количество и причины аварий в энергосистемах регионов РФ»
Table 2. Fragment of the table "Number and causes of emergencies in the power systems of the Russian regions"

Регион	Суммарное количество аварий	Преобладающая причина
Республика Адыгея (Адыгея)	4	Атмосферные процессы
Республика Башкортостан	8	Техническая
Республика Бурятия	26	Техническая
Республика Алтай	9	Техническая
Республика Дагестан	34	Атмосферные явления
Республика Ингушетия	3	Гидрологические процессы
Кабардино-Балкарская Республика	1	Гидрологические процессы
Республика Калмыкия	3	Атмосферные процессы
Карачаево-Черкесская Республика	6	Атмосферные процессы
Республика Карелия	14	Техническая
Республика Коми	7	Техническая
Республика Мордовия	3	Техническая
Республика Саха (Якутия)	25	Атмосферные процессы
Республика Северная Осетия (Алания)	5	Техническая
Республика Татарстан (Татарстан)	8	Техническая
Республика Тыва	8	Техническая
Удмуртская Республика	3	Техническая
Республика Хакасия	33	Техническая
Чеченская Республика	2	Атмосферные процессы
Чувашская Республика (Чувашия)	15	Техническая
Алтайский край	49	Атмосферные процессы
Краснодарский край	27	Атмосферные процессы
Красноярский край	19	Атмосферные процессы
Приморский край	20	Атмосферные процессы
Ставропольский край	12	Техническая
Хабаровский край	22	Техническая
Амурская область	5	Атмосферные процессы
Архангельская область	7	Техническая
Астраханская область	1	Техническая
Белгородская область	1	Техническая
Брянская область	1	Техническая
Владимирская область	2	Техническая
Волгоградская область	14	Техническая
Вологодская область	4	Техническая
Иркутская область	27	Атмосферные процессы
Калужская область	6	Техническая

Первый подход к территориальному делению разработан ПАО «ФСК ЕЭС» [Федеральная Сетевая Компания. Структура компании [сайт] URL: http://www.fsk-ees.ru/about/structure/ Дата обращения 28.03.2018]. Он включает в себя разделение энергосистем России на восемь магистральных электрических сетей (МЭС): Центра, Волги, Востока, Северо-Запада, Урала, Сибири, Западной Сибири, Юга. Каждая МЭС, в свою очередь, включает в себя от 4 до 8

предприятий магистральных электрических сетей (ПМЭС) (рис. 1). Отдельно выделяются изолированные энергосистемы. Изолированность энергосистем может быть как вследствие институциональных причин (Башкортостан, Иркутская область), так и вследствие сложных природных условий (Якутия, Сахалинская область, Чукотский автономный округ).

Рис. 1. Территориальное деление ПАО «ФСК ЕЭС»
[Федеральная Сетевая Компания. Структура компании [сайт]
URL: http://www.fsk-ees.ru/about/structure/ Дата обращения 28.03.2018]
Fig. 1.Territorial units of PJSC "FSK EES" [Federalnaya Setevaya Kompaniya.
Struktura kompanii [website] URL: http://www.fsk-ees.ru/about/structure/
Date of application 28.03.2018]

Второй подход к территориальному делению разработан ПАО «Россети» [Россети. Дочерние электросетевые компании [сайт] URL: http://www.rosseti.ru/about/sites/ Дата обращения 28.03.2018]. В его основе лежит разделение обслуживаемых территорий на межрегиональные распределительные компании (МРСК). МРСК, как правило, обслуживает несколько соседствующих друг с другом регионов. МРСК делится на региональные распределительные сети, которые соответствуют тому или иному региону страны (рис. 2).

Рис. 2. Территориальное деление ПАО «Россети» [Россети. Дочерние электросетевые компании [сайт] URL: http://www.rosseti.ru/about/sites/ Дата обращения 28.03.2018]
Fig. 2. Territorial units of PJSC "Rosseti" [Rosseti. Subsuduary companies [website] URL: http://www.rosseti.ru/about/sites/ Date of application 28.03.2018]

В основе обоих подходов лежит разделение обслуживаемых территорий именно по административно-территориальной принадлежности, что является большим минусом и противоречит идее энергосистемы как совокупности объектов электросетевого хозяйства, взаимосвязанных между собой и обеспечивающих комплексное снабжение потребителя.

Третий и наиболее удачный вариант территориального деления предложен Системным оператором Единой энергетической системы (СОЕЭС) (рис. 3) [Системный оператор Единой энергетической системы. Филиальная структура компании [сайт] URL: http://so-ups.ru/index.php?id=structure Дата обращения 28.03.2018]. 70 региональных энергосистем образуют 7 объединенных энергосистем: Центра, Средней Волги, Юга, Северо-Запада, Урала, Сибири, Востока. Объединенные энергосистемы обслуживаются объединенными диспетчерскими управлениями (ОДУ); также существуют 49 региональных диспетчерских управлений (РДУ), управляющих энергосистемами одного или нескольких субъектов РФ.

Данное территориальное деление является наиболее логичным из всех представленных. Во-первых, в его основе заложена не административно-территориальная принадлежность, а реальное пространственное расположение объектов электросетевого хозяйства и взаимосвязи между ними [Системный оператор Единой энергетической системы: соотно-

шение территорий федеральных округов, регионов и энергосистем [сайт] URL: http://so-ups.ru/index.php?id=fops Дата обращения 29.03.2018]: например, в ОЭС Востока входит не вся Якутия, а лишь та часть, которая технологически присоединена к энергосистеме Амурской области и Хабаровского края. Во-вторых, это деление не учитывает наличия в отдельных регионах собственных энергетических компаний. Так, в делении ФСК ЕЭС и Россетей представлены субъекты, которые не обслуживаются ими по причине наличия собственной энергосетевой компании, что, однако, не исключает взаимодействия между элементами энергосистем. В связи с этим данный подход к территориальному делению и выбору единицы картографирования – зон обслуживания РДУ – является наиболее оптимальным. Приведенные в табличный вид данные были привязаны к зонам обслуживания РДУ.

Рис. 3. Территориальное деление СОЕЭС [Системный оператор Единой энергетической системы. Филиальная структура компании [сайт] URL: http://so-ups.ru/index.php?id=structure Дата обращения 28.03.2018]
Fig. 3. Territorial units of SOUPS [System operator of United power system. Branches [website] URL: http://so-ups.ru/index.php?id=structure Date of application 28.03.2018]

Следующим этапом работы является разработка показателей, репрезентативных с точки зрения анализа работы энергосистемы. Картографирование различных показателей работы энергосистемы находится на стыке двух направлений тематического картографирования: экологического и транспортного. Существующие работы по картографированию аварийности техногенных систем достаточно редко предусматривают возможность применения предлагаемых способов картографирования к энергосистемам и чаще посвящены последствиям аварий (в частности, экологическим), а не их причинам [Щербаков, 2010]. Традиционно применяемые в географии транспорта показатели (индексы Канского) [Чибряков, 2015] и стандартные расчетные показатели, основанные только на понятиях теории графов [Сёмина, Фоломейкина, 2009], не учитывают специфику электросетевой инфраструктуры. Приведенные ниже показатели могут быть рассчитаны на основе полученных на этапе сбора данных и открытой информации об энергосистемах.

На основе первоначальных данных необходимо прежде всего провести классификацию зон обслуживания РДУ по главной причине аварийных ситуаций. Такое районирование поможет выделить наиболее важные аспекты аварийности региона и сосредоточиться на анализе той или иной причины.

Изначально извлеченный из исходных данных показатель общего количества аварий недостаточно полно иллюстрирует подверженность энергосистемы авариям. Это связано с различной протяженностью и нагруженностью различных энергосистем. Предлагается использовать следующие характеристики:

– Количество аварий на один километр сети конкретного номинального напряжения. Данный показатель иллюстрирует подверженность того или иного класса напряжений авариям с учетом протяженности сети. Так как протяженность сети иллюстрирует уровень ее развития, полученная характеристика позволяет судить об общей устойчивости энергосистемы к авариям.

– Количество аварий на плотность сети конкретного номинального напряжения. Аналогичный предыдущему показатель, иллюстрирующий аварийную нагрузку на разные по плотности сети. В более плотных сетях количество аварий должно быть меньше, чем в менее плотных, за счет наличия других источников электроэнергии.

– Количество аварий в энергосетях разного типа. В классической географии транспорта выделяются циклические и дендритные типы сетей [Тархов, 2005]. Данный подход может успешно применяться и для анализа устойчивости электросетей; предлагаемая численная характеристика позволяет четко продемонстрировать связь между количеством аварий и типом сети.

– Взвешенный аварийный коэффициент. Данный коэффициент представляет собой сумму произведений количества аварий в конкретном классе напряжения, помноженных на вес, выбранный для данного класса напряжения. Чем больше напряжение линии, тем большее количество энергии она переносит и, соответственно, тем большую роль играет в надежности энергоснабжения. Поэтому логично, что для напряжения 110 кВ вес будет наименьшим (например 1), а для напряжения 750 кВ – наибольшим (например 5). Допустимые значения весов не ограничены какими-либо конкретными числовыми значениями, однако важно, чтобы они соответствовали иерархии той или иной энергосистемы. Смысл данной характеристики заключается в том, что она дает возможность качественно сравнить аварийность в разных энергосистемах.

Таким образом, открытые данные о количестве аварий в энергосистемах могут послужить источником информации для анализа их работы. Систематизируя и анализируя эту информацию, возможно выявить главенствующие причины аварий в каждой энергосистеме. Однако полученные данные требуют интерпретации с учетом пространственных характеристик энергосистем для осуществления корректной работы с ними и объективного сравнения качественных и количественных характеристик работы энергосистем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе полученных данных была составлена серия карт, иллюстрирующих аварийность энергосистем Российской Федерации. Масштаб карт 1 : 15 000 000, проекция Национального атласа России. Первая карта «Энергосистемы России» является инвентаризационной и показывает границы энергосистем (зон обслуживания РДУ). Вторая карта «Причины аварий в энергосистемах» иллюстрирует районирование, проведенное на основе собранных данных. Последующие четыре карты иллюстрируют вышеприведенные показатели, которые охарактеризовали с нескольких аспектов пространственную дифференциацию аварийности энергосистем России.

ВЫВОДЫ

Энергосистемы России в разной степени подвержены аварийным ситуациям по различным причинам. Более трети аварий случается по причине природных условий функционирования энергосистем. К этому их предрасполагают не только технические особенности сети, но и ее конфигурационные свойства. Использование открытых данных отчетности об аварийных ситуациях стало основой для разработки ряда показателей, нацеленных на многоуровневый анализ аварийности энергосистем. Расчет этих показателей позволяет создать картографические материалы. Они, в свою очередь, могут служить основой для выявления наиболее подверженных авариям компонентов энергосистем. Необходимо отметить, что разработка показателей работы энергосистем и создание карт на их основе проводятся впервые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сёмина И.А., Фоломейкина Л.Н.* Пространственный анализ в региональном исследовании транспорта с использованием ГИС-технологий // Географический вестник. 2009. № 2. С. 58–67.
2. *Тархов С.А.* Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск: Изд-во «Универсум», 2005. 384 с.
3. *Филиппова О.Г., Каргашин П.Е., Карпачевский А.М.* Картографическая оценка надежности изолированных энергосистем Дальнего Востока с использованием геоинформационных технологий. Научные исследования молодых ученых-картографов, выполненные под руководством сотрудников кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова / Под ред. М.В. Зимина, П.Е. Каргашина, М.В. Кусильмана и др. КДУ, М., 2017. С. 99–109.
4. *Чибряков Я.Ю.* Развитие картографического метода для исследования железнодорожных сетей России: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. М., 2015. 27 с.
5. *Щербаков Ю.С.* Геоинформационное картографирование интегрированных природно-технологических рисков // Интерэкспо ГеоСибирь. 2010. № 2. С. 51–55.

REFERENCES

1. *Chibryakov Y.Yu*. Development of the cartographic method for the study of rail networks in Russia. The dissertation author’s abstract on competition of a scientific degree of the candidate of engineering sciences. Moscow, 2015. 27 p. (in Russian).
2. *Filippova O.G., Kargashin P.E., Karpachevsky A.M.* Mapping of reliability of isolated power systems of the Far East using GIS-technologies. Scientific research of young scientists-cartographers, performed under the guidance of the staff of the Department of Cartography and Geoinformatics of the Faculty of Geography of Moscow State University of M.V. Lomonosov. Ed. M.V. Zimin, P.E. Kargashin, M.V. Kusilman and others. KDU, Moscow, 2017. P. 99–109 (in Russian).
3. *Semina I.A., Folomeykina L.N.* Spatial analysis in the regional study of transport using GIS-technologies. Geographical Bulletin. 2009. No 2. P. 58–67 (in Russian).
4. *Shcherbakov Yu.S.* Geoinformation mapping of integrated natural and technological risks. Interexpo Geosibir. 2010. No 2. P. 51–55 (in Russian).
5. *Tarkhov S.A.* Evolutionary morphology of transport networks. Smolensk. M.: Publishing House "Universum", 2005. 384 p. (in Russian).

УДК 911.3:33

Бадина С.В.[1]

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ ТЕРРИТОРИИ К ПРИРОДНЫМ ОПАСНОСТЯМ НА ПРИМЕРЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ, СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И ЮЖНОЙ СИБИРИ

АННОТАЦИЯ

В статье обоснованы возможности применения в условиях ограниченной статистики метода пространственной интерполяции данных в экономико-географических исследованиях, направленных в том числе на оценку уязвимости экономики и общества в целом к природным опасностям в контексте изучения природного риска. Построенные посредством интерполяции континуальные структуры (поля) позволяют оценивать вероятное значение рассматриваемого показателя в любой точке территории, поскольку социально-экономическое пространство представляется цельным, не разделенным искусственными административными границами. Была произведена интерполяция показателя плотности социально-экономического потенциала территории детерминированным методом обратных взвешенных расстояний для трех контрастных (как между собой, так и внутренне) макрорегионов, различных по уровню и специфике хозяйственной освоенности территории: Арктической зоны России и двух горных макрорегионов – Северного Кавказа и Южной Сибири. Выявлены закономерности изменения пространственной уязвимости социально-экономического потенциала (интегрального индекса, содержащего в себе данные по населению, основным фондам, валовому производству, соотнесенные на единицу площади хозяйственно освоенной территории) в пределах рассматриваемых макрорегионов. Выделены ареалы наивысшего вероятного природного риска при условии реализации гипотетических природных опасностей. Для Арктической зоны России была выявлена дифференциация в уровне уязвимости социально-экономического потенциала и темпах ее изменения между Европейским и Азиатским секторами: скорость изменения плотности потенциала от локальных максимумов, а соответственно, и потенциальных рисков в целом понижается при движении с Запада на Восток. Анализ интерполяций для двух горных макрорегионов показал, что более «сильные» в своем силовом поле крупнейшие центры в Южной Сибири имеют большее взаимное влияние, чем на Северном Кавказе, поэтому темпы изменения плотности социально-экономического потенциала в пространстве между ними более низкие.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социально-экономический потенциал, уязвимость, природный риск, пространственная интерполяция.

---

[1] Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, лаб. прогнозирования региональной экономики, Нахимовский проспект, 47, 117418, Москва, Россия; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **bad412@yandex.ru**

Svetlana V. Badina[1]

MODELING OF THE SOCIAL-ECONOMIC POTENTIAL DENSITY FIELD FOR TERRITORIAL VULNERABILITY ASSESSING TO NATURAL HAZARDS (CASE STUDY – RUSSIAN ARCTIC, NORTH CAUCASUS AND SOUTHERN SIBERIA)

ABSTRACT

In the article we have proved the possibilities of applying spatial interpolation method of data in socio-economic studies, including those aimed at assessing the vulnerability of society and economy to natural hazards (in the natural risks studying context). Continual structures (fields) constructed by interpolation allow estimating the probable value of the indicator in question at any point of the territory, since the socio-economic space is represented as an integral, not divided by administrative boundaries. Interpolation of the indicator of social-economic potential of the territory by a determinate method of inverse weighted distances was carried out for three contrasting (both internally and internally) macroregions with differences in the level of economic development of the territory: the Arctic zone of Russia, the North Caucasus and Southern Siberia. The regularities of changes in the spatial vulnerability of the social and economic potential (an integral index containing data on population, fixed assets, gross production and land use) within the macroregions under consideration are revealed, the areas of the highest probable natural risk are identified, provided hypothetical natural hazards are realized. The differentiation in the level of socio-economic potential vulnerability and the rate of its change between European and Asian sectors was identified in the Russian Arctic. The rate of change in the density of the potential from local maximums, and, accordingly, potential risks, as a whole, decreases with moving from the West to the East. Interpolations analysis for two mountain macroregions showed that the largest centers in South Siberia that are "stronger" in their force field have a greater mutual influence than in the North Caucasus. So the rate of change in the density of socio-economic potential in the space between them is lower.

KEYWORDS: social-economic potential, vulnerability, natural risk, spatial interpolation.

ВВЕДЕНИЕ

Научное прогнозирование в современной социально-экономической географии строится, как правило, на исследовательской методологии, основанной на индуктивном обобщении результатов оценки ресурсной базы или построении временных рядов исходя из имеющихся статистических данных. Однако известно, что далеко идущее использование неполной индукции при описании сложных объектов чревато неприемлемыми ошибками в выводах, особенно на высоких уровнях обобщения, что было обосновано еще Дэвидом Юмом в середине XVIII в. Во избежание этого для решения широкого круга задач следует изучать объект исходя из целостных представлений, путем первичного построения модели на основании выявленных функциональных зависимостей переменных, а только затем осуществлять переход к изучению ее поведения и формулировке выводов. Таким образом, при прогнозировании (в том числе природного риска) необходимо стремиться не к получению единственного конечного значения его величины в абсолютном выражении, а к поиску области наиболее вероятных значений, а также способа соотнесения изменений уровня риска в соответствии с движением по территории (изменением географических координат).

[1] Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, laboratory of regional economy forecasting; Nakhimovsky prospect, 47, 117418, Moscow, Russia; Lomonosov Moscow State University, the Faculty of Geography, Leninskiye gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **bad412@yandex.ru**

Природный риск как понятие теоретическое включает в себя прогнозирование стохастических явлений (природных опасностей) с применением вероятностных методов. В соответствии с этим и социально-экономические параметры, характеризующие уязвимость территориальных систем, подверженных опасным воздействиям, должны быть интегрированы в пространство, обладающее идентичной размерностью и структурными характеристиками. Сопоставление природных и общественных параметров – чрезвычайно важная и нетривиальная в методическом плане задача.

В целом в экономико-географических исследованиях разной направленности в качестве одной из наиболее распространенных проблем выступает неполнота информации, ограниченность статистических данных, необходимых для изучения конкретного явления. Другой значимой проблемой является представление количественных показателей в разрезе разномасштабных ячеек административно-территориального деления (регионов, муниципальных образований, поселений и пр.) с их искусственно заданными границами, которые лишь в редких случаях совпадают в объективной реальности с границами значений того или иного показателя. Иными словами, в дробной и внутренне неоднородной сетке административно-территориального деления сложно визуально выявить и проанализировать пространственные закономерности того или иного явления. Все это существенно снижает достоверность получаемых результатов и основанных на них выводов.

В этих случаях разумно прибегнуть к инструменту пространственной интерполяции, позволяющему находить промежуточные значения величины по имеющемуся дискретному набору известных значений и перейти таким образом от дискретного к континуальному (непрерывному) описанию системы [Бадина, Бабурин, 2017]. Как писал А. Пуанкаре: «Какой бы ни была наша робость, робость эмпириков, но мы все же вынуждены пользоваться методом интерполяции; опыт дает нам лишь известное число изолированных точек, и нашему уму самому приходится соединить их посредством одной непрерывной линии; в этом-то, прежде всего, и состоит настоящее обобщение. Но мало того: кривая, которую мы проводим, пройдет где-нибудь между наблюденными точками и вблизи их, но не пройдет через сами точки. Таким образом, опыт не только обобщается, но и исправляется нами» [Пуанкаре, 2016].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы реанализа и пространственной интерполяции широко применимы в физической географии для описания явлений, данные о которых имеют точечную привязку и нелинейный характер распределения по территории. Попытки проведения интерполяций с использованием простой гравитационной модели, не раскрывающей в полной мере всей сложности функциональных зависимостей пространственных переменных, в экономико-географических исследованиях связаны главным образом с построением поля потенциала [Тикунов, 1980; Гусейн-Заде, 1988; Ханин и др., 1988; Бабурин, 2012]. Однако инструмент пространственной интерполяции имеет большие перспективы использования для решения широкого круга задач социально-экономической географии, которые требуют анализа статистических данных и рассчитанных на их основе интегральных показателей (например, плотности населения, индекса человеческого развития, среднего потребления электроэнергии, комплекса экологических показателей и др.) в каждой точке пространства вне границ административно-территориального деления.

Таким образом, если известны значения переменных в некоторых точках исследуемых административно-территориальных ячеек, то инструмент интерполяции позволяет построить континуальную структуру, позволяющую не только определить наиболее ве-

роятное значение показателя в каждой ее точке, не обеспеченной фактическими данными, но и направления наиболее быстрых и медленных темпов изменений исследуемых показателей в пространстве. Таким образом, исследование переходит уже на качественно новый уровень – от простого статического описания системы к рассмотрению ее в динамическом аспекте.

Выделяют два основных подхода к интерполяции: детерминированный и геостатистический (применим также и смешанный подход) [Journel, Huijbregts, 1978; Каневский и др., 1999]. Методы детерминированной интерполяции предполагают аппроксимацию неизвестной переменной параметрически заданной функцией. Параметры выбираются таким образом, чтобы оптимизировать некоторый критерий наилучшего приближения в точках выборки (например, метод наименьших квадратов, точное совпадение). Геостатистические методы (кригинг – регрессия на основе гауссовых процессов) используют статистические отношения между всеми измеренными точками, оценивая пространственную корреляцию, которая может использоваться для объяснения изменения переменных по координате. Перспективным направлением является применение стохастического моделирования. В то время как детерминистические и геостатистические модели всегда дают единственное и сглаженное значение оценки в искомой точке при выбранных модельных параметрах, стохастическое моделирование дает возможность воспроизведения исходной вариабельности и получения множества равновероятных реализаций пространственной функции на конкретной территории [Геостатистика…, 2010]. Такой подход особенно актуален при исследовании природного риска, всегда связанного с высокой степенью неопределенности, поскольку именно равновероятные реализации позволяют описать пространственную вариабельность (изменчивость) и неопределенность пространственной функции, оценить вероятности и риск.

В предыдущих работах для целей исследования природного риска, понимаемого как комбинация природной опасности и уязвимости, автором был разработан абстрактный показатель плотности социально-экономического потенциала территории, отражающий плотность населения, основных фондов и валового производства на единице хозяйственно освоенной площади муниципального образования [Бадина, 2017]. Данный показатель характеризует уязвимость территориальных социально-экономических систем муниципального уровня к воздействию неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений. Как показали исследования, чем выше концентрация потенциала в пределах освоенной части рассматриваемого пространства, тем выше при прочих равных условиях его уязвимость к природным опасностям и, соответственно, наиболее высоки вероятные риски. Однако по вышеизложенным причинам представление показателя плотности социально-экономического потенциала в разрезе ячеек административно-территориального деления является не вполне корректным в контексте исследования природного риска, и возникает задача интерполяции его значений и построения континуальной структуры.

В данной работе был использован инструмент пространственной интерполяции пакетов *SURFER* и *ESRI ArcGIS*, применен детерминированный метод обратных взвешенных расстояний (*Inverse Distance Weighted Interpolation*), основанный на предположении о том, что значение уязвимости элементов территориальных социально-экономических систем, находящихся в непосредственной близости, более близки, чем тех, которые значительно удалены друг от друга. Иными словами, наиболее близкие к местоположению с неизвестными значениями обеспеченные статистической информацией точки оказывают большее влияние на прогнозируемое значение, чем удаленные от него на значительное расстояние. Вес точки уменьшается как функция от расстояния. Веса

пропорциональны обратным расстояниям между координатами (между точкой данных и интерполируемым местоположением), возведенными в степень, соответствующую характеристикам конкретного пространства. Модуль *Geostatistical Analyst* позволяет производить оценку нескольких значений степени для определения того значения, которое выдает наименьшую ошибку.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Апробация предложенной модели для выявления закономерностей распределения социально-экономического потенциала в пределах разных по своим характеристикам территорий была проведена на контрастных (как между собой, так и внутренне) макрорегионах: Арктической зоне России и двух горных макрорегионах – Северном Кавказе и Южной Сибири. В табл. 1 приведены основные показатели, характеризующие неоднородность интенсивности их хозяйственной освоенности, в том числе два основополагающих пространственных параметра индекса плотности социально-экономического потенциала территории (площадь земель сельхозугодий и площадь застроенных земель).

Таблица 1. Социально-экономические различия исследуемых макрорегионов
Table 1. Socio-economic differences of the macroregions

Макрорегион/показатель	Арктическая зона России	Северный Кавказ	Южная Сибирь
Плотность населения, чел./км^2	0,6	60	6
Средняя людность муниципального образования, тыс. чел.	45	79	44
Количество, единиц/доля, % от генеральной совокупности рассматриваемых муниципальных образований, с численностью населения более 100 тыс. чел.	6/12	43/25	19/7
Доля сельхозугодий от общей площади макрорегиона, %/среднее значение доли сельхозугодий в структуре земель муниципальных образований, %	7/5	51/52	17/33
Доля застроенных земель от общей площади макрорегиона, %/среднее значение доли застроенных земель в структуре земель муниципальных образований, %	0,08/5	3/10	0,6/8
Доля региональных столиц (для Арктической зоны России – крупнейшего города, если регион включен в нее частично) в общей численности населения макрорегиона, %	43	22	31

Априори можно выдвинуть гипотезу о том, что особенности рельефа территории влияют на конфигурацию поля плотности потенциала. В связи с этим для апробации методики были выбраны регионы с неоднородным рельефом, где четко выражены горная, предгорная и равнинная части. Разнообразие форм рельефа предопределяет большое разнообразие форм расселения, хозяйственной деятельности, высокую степень неравномерности распределения потенциала по территории, множество сочетаний природных опасностей и, как следствие, широкий спектр их негативных эффектов. С этих позиций обоснован выбор регионов Северного Кавказа и Южной Сибири.

Наиболее очевидным различием этих двух горных территорий является в первую очередь разница в плотности населения. Для рассмотренной части Северного Кавказа она составляет примерно 60 чел./км^2, а для регионов Юга Сибири – всего 6 чел./км^2, то есть на порядок меньше (при средней людности муниципального образования – 79 тыс. человек и 44 тыс. человек, соответственно). Для сравнения: в Арктической зоне России плотность населения – 0,6 чел./км^2 территории, средняя людность – 45 тыс. человек.

Также важно отметить, что на Северном Кавказе в 43 муниципальных образованиях из 171 рассмотренных численность населения превышает 100 тыс. человек, при этом его концентрация в региональных столицах минимальна (в Южной Сибири – 19 муниципальных образований из 290, в Арктике – лишь 6 из 50). Значимым дифференцирующим фактором являются различия макрорегионов по структуре землепользования. На Северном Кавказе по генеральной совокупности площадь сельхозугодий достигает 1/2 от общей площади земель муниципальных образований, в Южной Сибири – 1/3, в Арктической зоне России – всего 7 %, несмотря на значительные по площади оленьи пастбища. Доля застроенных земель – 10; 8 и 5 %, соответственно.

В целом можно отметить, что специфической особенностью территории Российской Арктики является чрезвычайно низкая плотность населения и застройки, сверхконцентрация населения и социально-экономического потенциала в крупнейших городах. На Северном Кавказе все показатели свидетельствуют о более равномерном освоении пространства, а Южная Сибирь занимает промежуточное положение между двумя макрорегионами в уровне хозяйственной освоенности и концентрации потенциала.

На рис. 1 представлено поле плотности социально-экономического потенциала для территории Арктической зоны России. Значения индекса проинтерполированы от локальных максимумов (Мурманска, Архангельска, Нарьян-Мара, Анадыря, Тарко-Сале и др.). Максимальные градиенты (т. е. скорость падения индекса при центробежном движении) наблюдаются в наиболее хозяйственно освоенных ареалах – Европейской части Российской Арктики (в частности на Кольском полуострове). Поскольку скорость изменения плотности социально-экономического потенциала здесь предельно высока, отмечается сильное сгущение изолиний, соответственно, более быстрыми темпами снижается уровень уязвимости от потенциальных природных опасностей, в Азиатском Арктическом секторе уровень уязвимости, напротив, сохраняется неизменно низким на значительных по площади территориях. Минимальные значения интерполяция имеет в арктических районах Якутии.

Важно отметить, что эмпирическая апробация модели позволила подтвердить ее достоверность. Например, рассчитанное значение плотности социально-экономического потенциала для г. Норильска не было заложено в модель для интерполяции, однако смоделированное значение для этого города совпало с фактическим.

Очевидны также различия в скорости пространственных изменений плотности социально-экономического потенциала между двумя горными макрорегионами (Южной Сибирью и Северным Кавказом). Как видно на картосхемах (рис. 2, 3), густота изолиний при центробежном движении от локальных центров в целом выше на Северном Кавказе (например, плотность социально-экономического потенциала в рамках модели в среднем уменьшается вдвое за более короткий отрезок пути), что говорит о более интенсивной и равномерной освоенности данной территории. Иными словами, более «сильные» в данном силовом поле центры в Южной Сибири имеют большее взаимное влияние, чем на Кавказе, поэтому темпы изменения плотности социально-экономического потенциала в пространстве между ними менее значительны.

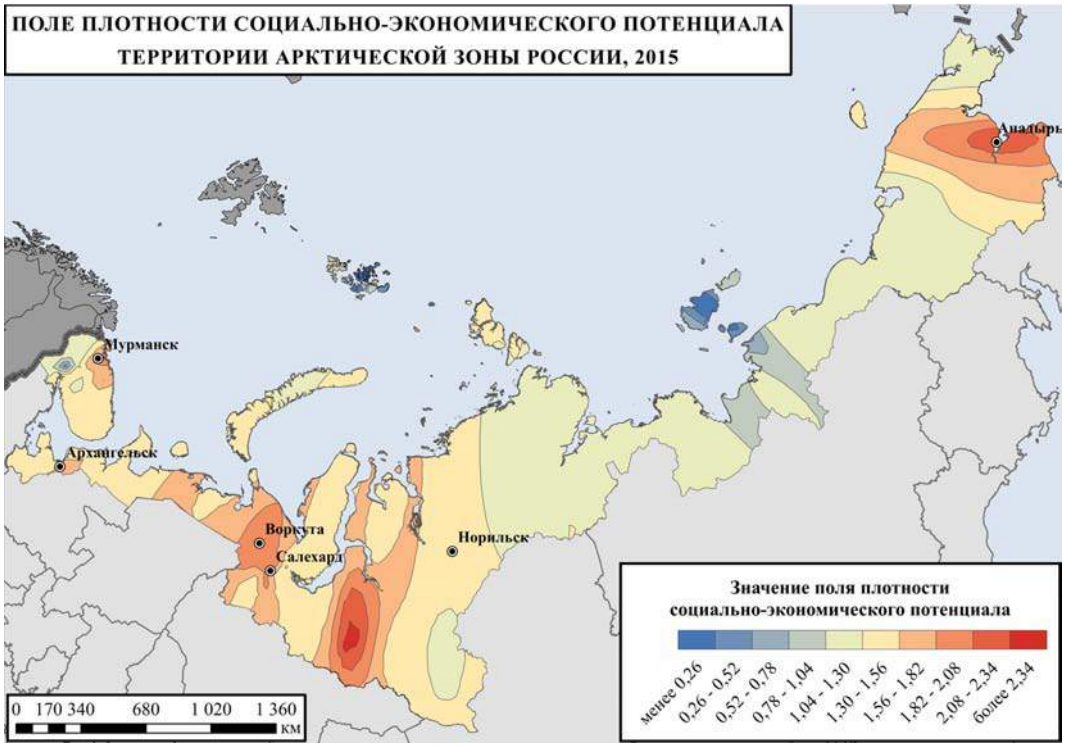


Рис. 1. Поле плотности социально-экономического потенциала территории Арктической зоны России, 2015 г.
Fig. 1. Density field of territorial socio-economic potential in Russian Arctic, 2015

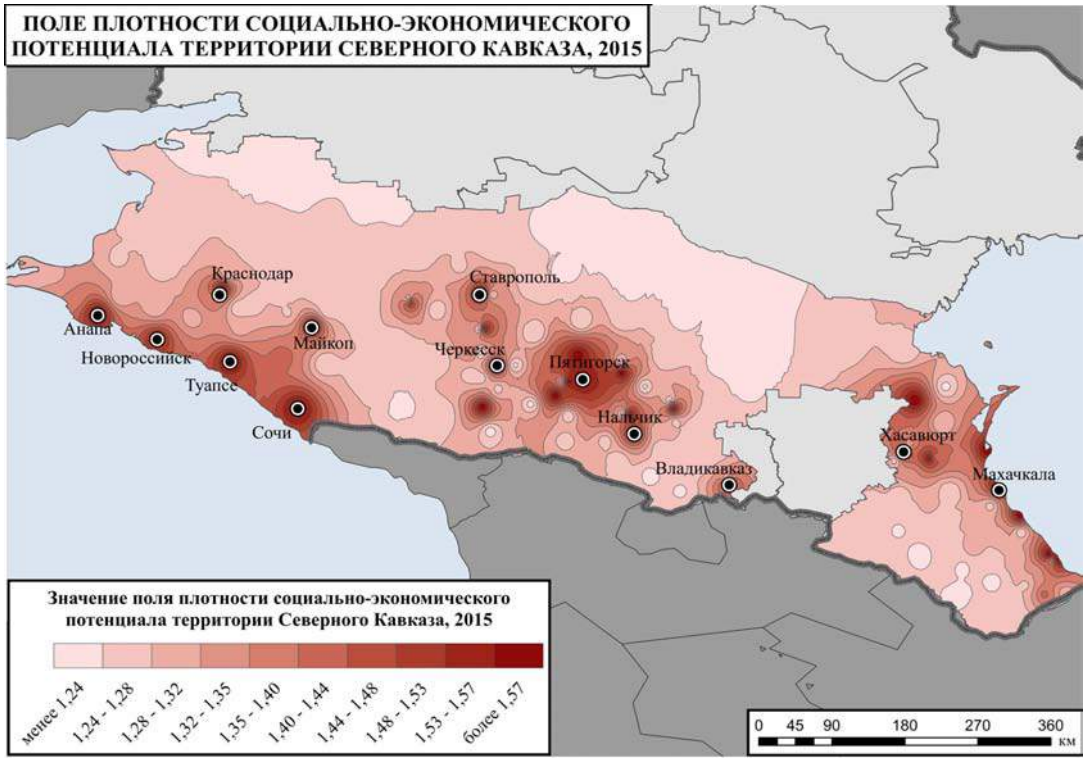


Рис. 2. Поле плотности социально-экономического потенциала территории Северного Кавказа, 2015 г.
Fig. 2. Density field of territorial socio-economic potential in North Caucasus, 2015

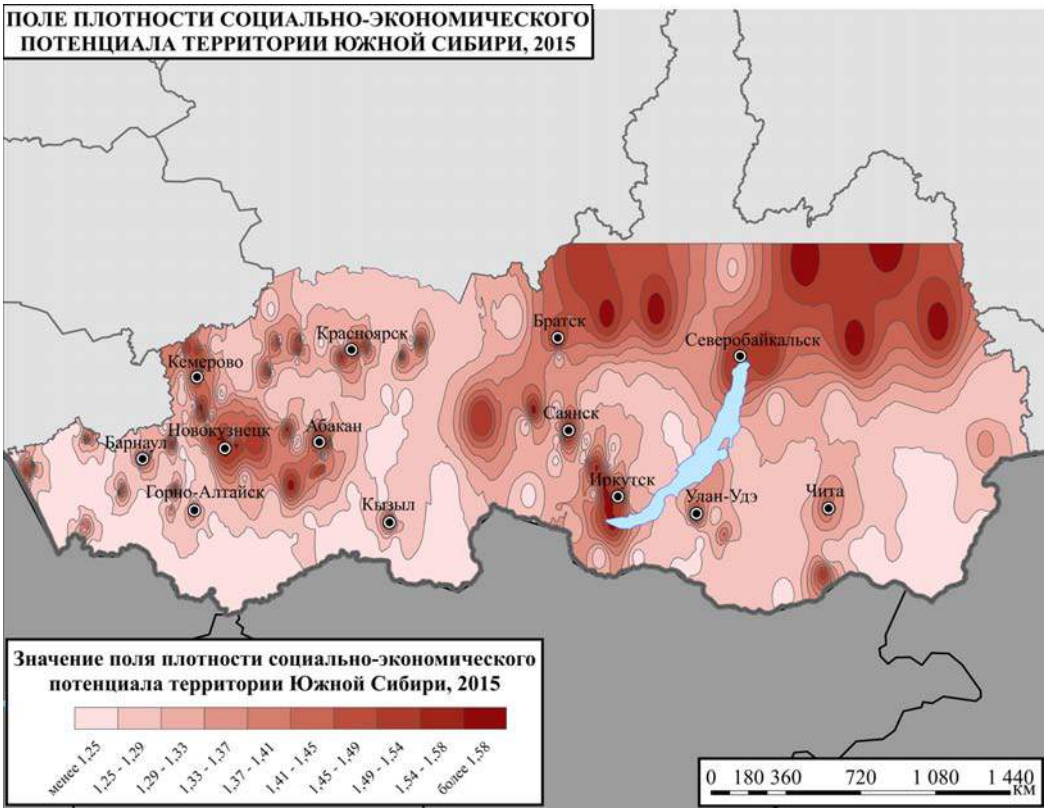


Рис. 3. Поле плотности социально-экономического потенциала территории Южной Сибири, 2015 г.
Fig. 3. Density field of territorial socio-economic potential in Southern Siberia, 2015

Метод поля также позволяет проследить внутримакрорегиональную дифференциацию: широкие полосы низких значений индекса плотности социально-экономического потенциала наблюдаются в главных сельскохозяйственных ареалах (равнинные районы Краснодарского и Ставропольского краев на Северном Кавказе, Алтайского Края в Южной Сибири).

Если проанализировать закономерности изменений плотности социально-экономического потенциала на различных гипсометрических уровнях рассматриваемой территории, то на Северном Кавказе в высокогорных районах и на равнинах наиболее распространены широкие ареалы низкой плотности потенциала. В густонаселенных среднегорьях концентрация потенциала и скорость его пространственных изменений наиболее высоки, в предгорных, переходных по своей сути районах, сочетающих в себе особенности пространственного распределения потенциала, присущие как горам, так и равнинам, отмечаются разные значения плотности, от минимальной до максимальной. В целом можно отметить следующую закономерность: уровень плотности социально-экономического потенциала с увеличением высоты административного центра повышается, достигая своего максимума в среднегорьях и вновь понижаясь на самых высоких гипсометрических уровнях.

В Южной Сибири можно отметить пространственные особенности изменения плотности социально-экономического потенциала, присущие как Северному Кавказу (широкие ареалы низкой плотности в аграрном и густонаселенном Алтайском крае, равнинной части Кемеровской области и др.), так и Арктике (высокая плотность, но при этом быстрые темпы пространственных изменений в периферийных горных районах Иркутской области, Республики Бурятия, Забайкальского края с очаговым ресурсным освоением).

Моделирование полей плотности социально-экономического потенциала территории методом пространственной интерполяции является перспективным в контексте изучения природных рисков, но для повышения точности ожидаемых результатов необходим большой объем эмпирической базы (статистическими данными должно быть обеспечено максимально большое число населенных пунктов рассматриваемой территории).

ВЫВОДЫ

1. В экономико-географических исследованиях разной направленности для элиминирования таких проблем, как неполнота информации, ограниченность статистических данных, их привязка к искусственным границам административно-территориального деления, может быть применен метод пространственной интерполяции данных. Его преимущества заключаются в том, что исследуемое явление представляется в виде непрерывной функции, вероятностное значение которой может быть определено в каждой точке рассматриваемой территории.

2. Для Арктической зоны России была выявлена дифференциация в уровне уязвимости социально-экономического потенциала и темпах ее изменения между Европейским и Азиатским секторами: скорость изменения плотности потенциала от локальных максимумов, а соответственно и потенциальных рисков, выше в более освоенных западных регионах.

3. Анализ интерполяций для двух горных макрорегионов показал, что более «сильные» в своем силовом поле крупнейшие центры в Южной Сибири имеют большее взаимное влияние, чем на Северном Кавказе, поэтому темпы изменения плотности социально-экономического потенциала в пространстве между ними менее значительны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 16-17-00104 и гранта РНФ № 14-37-00038-П.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Science Foundation, No 16-17-00104, No 14-37-00038-П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабурин В.Л.* Развитие территориальных природно-хозяйственных систем как основы экономики // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2012. № 5. С. 5–12.
2. *Бадина С.В.* Количественная оценка уязвимости социально-экономического потенциала Российской Арктики в зоне деградации вечной мерзлоты // Региональные исследования. 2017. № 3 (57). С. 107–116.
3. *Бадина С.В., Бабурин В.Л.* Моделирование и пространственный анализ поля социально-экономического потенциала Российской Арктики // InterCarto/InterGIS 23. Т. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017. С. 27–35.
4. Геостатистика: теория и практика / В.В. Демьянов, Е.А. Савельева; под ред. Р.В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. М.: Наука, 2010. 327 с.
5. *Гусейн-Заде С.М.* Модели размещения населения и населенных пунктов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 92 с.
6. *Каневский М., Демьянов В., Савельева Е. и др.* Элементарное введение в геостатистику. М., 1999. 136 с.

7. *Пуанкаре А.* Наука и гипотеза: пер. с фр. / Под ред. и с предисл. А.Г. Генкеля. Изд. стереотип. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. 238 с.
8. *Тикунов В.С.* Сравнительный анализ способов составления карт потенциала поля расселения // Изв. Всесоюзн. Географ. об-ва. 1980. Т. 112. Вып. 3. С. 191–201.
9. *Ханин С.Е., Гусейн-Заде С.М., Михеева В.С.* Моделирование территориальных социально-экономических систем // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 1988. № 3. С. 14–20.
10. *Journel A.G., Huijbregts Ch.J.* Mining Geostatistics. London: Academic Press, 1978. 600 p.

REFERENCES

1. *Baburin V.L.* Development of territorial natural-economic systems as the basis of the economy. Vestnik Moskovskogo universiteta, Serija 5: Geografija, 2012. No 5. P. 5–12 (in Russian).
2. *Badina S.V.* Quantitative assessment of the socio-economic potential vulnerability in Russian Arctic permafrost degradation zone. Regional'nyye issledovaniya, 2017, No 3 (57). P. 107–116 (in Russian).
3. *Badina S.V., Baburin V.L.* Modeling and spatial analysis of the social-economic potential field (case study – Russian Arctic). InterCarto/InterGIS 23, T. 1, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, Moscow, 2017. P. 27–35 (in Russian).
4. Geostatistics: theory and practice. V.V. Dem'yanov, Ye.A. Savel'yeva; red. R.V. Arutyunyan. Institut problem bezopasnogo razvitiya atomnoy energetiki RAN. Moscow: Nauka, 2010. 327 p. (in Russian).
5. *Guseyn-Zade S.M.* Models of the population and settlements distribution. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1988. 92 p. (in Russian).
6. *Journel A.G., Huijbregts Ch.J.* Mining Geostatistics. London: Academic Press, 1978. 600 p.
7. *Kanevskiy M., Dem'yanov V., Savel'yeva Ye. et al.* Elementary introduction to geostatistics. Moscow, 1999. 136 p. (in Russian).
8. *Khanin S.Ye., Guseyn-Zade S.M., Mikheyeva V.S.* Modeling of territorial socio-economic systems. Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija, 1988, No 3. P. 14–20 (in Russian).
9. *Puankare A.* Science and hypothesis. Red. A.G. Genkel. Moscow: Knizhnyy dom "LIBROKOM", 2016. 238 p. (in Russian).
10. *Tikunov V.S.* Comparative analysis of methods for mapping the potential of settlement field. Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo obshchestva, 1980, V. 112 (3). P. 191–201 (in Russian).

УДК: 004.6

Николенко С.В.[1], Ширшова В.Ю.[2]

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ГРАНИЦ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВЫЯВЛЕНИЕМ НАРУШЕНИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НЕСКОЛЬКИХ РАЙОНОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

В статье описывается опыт работы с большим объемом растровых и векторных данных при выполнении проекта компанией «Геоскан» на территорию Тульской области в рамках программы Национальной технологической инициативы. В качестве исходных данных отделу кадастра и инвентаризации объектов недвижимости были предоставлены: 6 млн снимков с беспилотных комплексов «Геоскан», 880 тыс. кадастровых планов территорий, данные Федеральной налоговой службы и Федеральной информационной адресной системы. При оценке объема рабочих данных, учитывая необходимость их корректной и оперативной обработки, стала очевидной неизбежность использования в рабочем процессе современных технологий работы с пространственными данными. В качестве геоинформационного клиента было выбрано открытое программное обеспечение QGIS, а анализ и хранение данных были организованы средствами объектно-реляционной СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS для обработки пространственной информации. После внедрения в работу этих технических средств значительно повысилось качество процесса ввода атрибутивной и векторной информации за счет возможности осуществления оперативного контроля над действиями, проводимыми с данными. Помимо этого существует ряд преимуществ работы с кадастровыми данными с помощью системы управления базами пространственных данных: централизованная установка системы координат, обеспечение безопасности информации, упрощение процессов объединения данных и геометрической обработки, оптимизация пространства. Таким образом, был автоматизирован процесс выявления различного рода нарушений исходного материала и возникающих в процессе обработки, оптимизирована работа и устранены некоторые ее этапы, разработана структура хранения пространственной информации с использованием открытых программных продуктов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кадастр, открытые ГИС, QGIS, PostgreSQL.

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7/9, 199034, Санкт-Петербург, Россия; ООО «Геоскан», ул. Шателена, 26А, 194021, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **s.nikolenko@geoscan.aero**

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7/9, 199034, Санкт-Петербург, Россия; ООО «Геоскан», ул. Шателена, 26А, 194021, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **v.shirshova@geoscan.aero**

Svetlana V. Nikolenko[1], Vera Yu. Shirshova[2]

GEOINFORMATION SUPPORT OF CREATION OF THE SINGLE ELECTRONIC CARTOGRAPHIC BASIS OF THE UNIFORM STATE REGISTRY OF REAL ESTATE AND DETERMINATION OF ACTUAL BORDERS OF LAND USE ON AN EXAMPLE OF SEVERAL DISTRICTS OF TULA REGION

ABSTRACT

Geoscan's experience of working with raster and vector big data during the National technological initiative program′s project for Tula region. This project has been done by the department of cadaster and estate objects inventorization. As initial data were 6 mln photos by Geoscans′ UAV, 880 thousand cadastral plans of territories, data of The Federal Tax Service and The Federal Information Address System. For successfully, correctly and operatively processing of such amount of data is need to use modern technologies of working with spatial data. QGIS was chosen as geoinformation client-program, but analyze and storing were organized by object-relational database management system Postgresql with PostGIS extension for spatial data. This helped us made quality of attributive and vector data entering and processing up at the expense of possibility of taking control for all of actions with data. Also, such method of working has some advantages. For example, a centralized coordinate system setting, a data security, a storage optimization, a simplification of geometry processing and data consolidation. In this way, a process of defects detection of source and output data was automatized, a working schema was optimized in generally and storage structure of spatial data was developed. In our project we used open-source programs.

KEYWORDS: cadastral data, open GIS, QGIS, PostgreSQL.

ВВЕДЕНИЕ

Наличие картографической основы необходимо во многих сферах государственного управления и контроля, экономической оценки и налогообложения недвижимого имущества, реализации государственных программ, направленных на комплексное развитие различных видов недвижимости [Асаул, 2010].

Возможность получить объективные сведения о недвижимом имуществе, разрешить проблему выявления неучтенных объектов, в том числе объектов самовольной постройки, и выявить увеличение площади земельных участков за счет самозахвата земель – все эти задачи эффективно решаются с помощью геоинформационных средств обработки и анализа информации.

Вопрос организации работы с кадастровой информацией в зарубежных исследованиях [Akakba, Filali, 2017; Hanusa et al., 2018] зачастую сводится к разработке структуры хранения данных без атрибутивной и геометрической выверки. В Российской Федерации существует реестр недвижимости, хранящий и предоставляющий (по запросам) кадастровые данные, однако как международные, так и отечественные наработки направлены на актуализацию информации в базе данных без проверки нарушений землепользования. Проект «Создание геодезически точной 3D модели типового региона России на основе данных беспилотной аэрофотосъемки и технологий ГЛОНАСС», связанный с повышени-

[1] St. Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7/9, 199034, St. Petersburg, Russia; OOO "Geoscan", Shatelena, 26A, 194021, St. Petersburg, Russia, *e-mail:* **s.nikolenko@geoscan.aero**
[2] St. Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7/9, 199034, St. Petersburg, Russia; OOO "Geoscan", Shatelena, 26A, 194021, St. Petersburg, Russia, *e-mail:* **v.shirshova@geoscan.aero**

ем качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, выполнялся на территории Тульской области в рамках программы Национальной технологической инициативы. Работа проводилась с целью определения фактических границ землепользования, а также выявления нарушений в использовании земель.

Специфика данного вида работ заключалась в большом объеме исходных данных (около 6 млн снимков и 880 тыс. кадастровых планов территорий), требующих тщательной предварительной обработки. Работа оператора по отбору из всего объема данных необходимой информации и последующего выявления различного рода ошибок исходного материала являлась трудоемким и ресурсозатратным процессом, в котором значительную роль играл человеческий фактор. Процесс подготовки исходных материалов для одного района Тульской области мог занимать более недели. Также при участии большого количества операторов ввода и обработки пространственной информации (более 40 человек) возникла необходимость грамотной организации рабочего процесса, вследствие которого были устранены некоторые виды «ручных» проверок, такие, как проверка соблюдения топологии и сборка результатов обработки. Все вышеперечисленные тезисы являются аргументом в пользу применения геоинформационных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных данных были предоставлены:

– Кадастровые планы территории (КПТ). Изначально поставляются в формате XML, который необходимо сконвертировать в shp-файл. Это происходит с помощью программного обеспечения SputnikCadastre, разработанного в ООО Геоскан. При конвертации исходного XML мы получаем на выходе 3 файла: точечные, линейные и полигональные объекты отдельно. А также таблицу с объектами без геометрии в формате *.csv.;

– Ортофотопланы, созданные на основе материалов, полученных в ходе аэрофотосъемки с помощью беспилотного съемочного комплекса серии Геоскан и последующей обработки в ПО Agisoft PhotoScan;

– Данные Федеральной Налоговой Службы (ФНС).

Работа была условно разделена на три этапа:

1. Выявления нарушений в использовании земельных участков в населенных пунктах.

На этом этапе проводились дешифрирование участков по ортофотопланам в населенных пунктах и выявление самовольно занятых территорий.

2. Инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения.

Выявление обрабатываемых земель, неиспользуемых, с разной степенью запущенности (луговая растительность, древесно-кустарниковая растительность и многолетние насаждения), также выявления нецелевого использования земель.

3. Дополнительные сведения.

а) выявление облагаемых и не облагаемых налогом территорий согласно данным ФНС;

б) анализ адресных баз Федеральной Информационной Адресной Системы (ФИАС) на предмет учета найденных путем камеральных выверок адресов.

в) ошибки исходных данных:

– дубли участков;

– пересечения границ участков.

Необходимость оперативного доступа к статистическим данным и оптимизированного процесса получения «корректных» векторных слоев на всех этапах работы привела к необходимости создания единой базы пространственных данных и использованию геоинформационных систем.

КПТ – это в первую очередь пространственные данные большого объема. Они требуют хорошо организованной инфраструктуры хранения. В противном случае использование и анализ таких данных будут крайне затруднены. Это было подтверждено путем постепенного совершенствования организации рабочего процесса.

В самом начале работы над проектом, когда на нем были задействованы 3-4 сотрудника, каждый имел набор shp-файлов, которые после завершения работы объединялись в один. На границах территорий работ двух (или более) сотрудников неизменно возникали пересечения, на устранение которых тратилось определенное количество времени. Отсутствовала возможность оперативной оценки состояния выполнения работ. Последний пункт был осложнен большой ролью человеческого фактора в контроле версий: сотрудник мог забыть передать последнюю версию своего рабочего файла вовремя. В дополнение сборные файлы результатов совместных усилий хранились локально на компьютере руководителя проекта, что далеко не лучший вариант для обеспечения сохранности информации.

Что касается анализа данных, он был возможен лишь на уровне примитивных характеристик, таких, как:

- количество объектов в слое;
- максимальное значение атрибута;
- минимальное значение атрибута;
- подсчет производных характеристик на основании уже имеющихся, с использованием несложных математических формул.

Такой небольшой набор обусловлен как минимум тем, что настольные ГИС не предназначены для подобных задач. Результат анализа в ГИС подразумевает создание какого-либо производного файла, что только усугубляет сложность структуры данных и увеличивает количество файлов, назначение которых нужно помнить и которые можно случайно удалить или потерять. Также при обновлении исходных материалов последует трудоемкий процесс обновления всех файлов, полученных на основании исходных.

Еще одна проблема – невозможность проведения анализа в пределах всего субъекта РФ целиком. Безусловно, можно создать совокупный файл из всех районов субъекта, но здесь стоит вспомнить о порядке чисел, которыми измеряется количество кадастровых участков в пределах даже одного муниципального района. Время обработки даже примитивных запросов для такого совокупного файла будет стремиться к бесконечности.

Допустим, что мы решили все же заняться геоинформационным обеспечением работ с кадастровой информацией, а также анализом полученных данных. В таком случае мы имеем полноценную базу пространственных данных, но организованную в виде файловой системы. Рационально доверить хранение нашей исходной, производной и аналитической информации системе управления базами данных (СУБД). К тому же это поможет значительно оптимизировать и автоматизировать различные процессы и этапы работы.

Система управления базами данных – это совокупность программных и языковых средств, обеспечивающих создание, управление и использование баз данных [Дейт, 2005]. Пространственные базы данных позволяют хранить геоданные и работать с ними. В качестве языковых средств в СУБД выступает структурированный язык запросов SQL (Structured Query Language). Он не отличается гибкостью, как языки программирования, имеет конечный набор команд и строгий синтаксис. Однако при умелом обращении позволяет эффективно оперировать данными [Моргунов, 2017].

Существует большое количество как проприетарных, так и свободных СУБД, имеющих расширения или же встроенный функционал для работы с пространственными данными. Выбор был сделан в пользу свободной объектно-реляционной СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS, так как это одна из наиболее мощных современных систем управ-

ления базами данных, поддерживающая современные стандарты в области геоинформационных технологий и пространственных данных (Open Geospatial Consortium, OpenGIS) и обладающая обширным функционалом. Еще одним аспектом в пользу именно этой СУБД стала поддержка слоев PostGIS в настольной ГИС QGIS, в которой ведутся работы по определению фактических границ землепользования.

Рассмотрим подробнее некоторые технические преимущества работы с кадастровыми данными с помощью системы управления базами пространственных данных:

1. Система координат. Это основополагающий фактор любых пространственных данных. Кадастровые данные в РФ поставляются, как правило, в местных системах координат регионов. Параметров МСК нет в библиотеках, которые используют крупные настольные ГИС (например, библиотека proj4). Следовательно, вносить эти параметры необходимо самостоятельно. Мы сталкивались с ситуациями, когда по причинам, связанным с некорректно установленными параметрами СК, результаты векторизации оказывались смещены относительно реального положения объектов на местности. При работе через СУБД такие ситуации невозможны, так как параметры СК устанавливаются централизованно и не зависят от ПО-клиента.

2. Безопасность информации. Доступ к базе данных осуществляется с помощью логина и пароля. Пользователей можно наделять правами или же запрещать проводить им какие-либо действия с данными. Правила доступа устанавливаются для каждой конкретной таблицы. Например, можно раздать доступ на добавление новых объектов, удаление или редактирование существующих. А можно разрешить только просматривать данные, без возможности внесения изменений, или сделать таблицу невидимой для одного пользователя или группы пользователей.

3. Объединение данных. Если у двух наборов данных, хранящихся в базе, есть какой-либо общий атрибут, нам не составит труда их объединить. Сложно представить, как это можно реализовать без использования базы данных. Итак, у нас имеются следующие данные:

– таблица с земельными участками, а именно: их кадастровый номер, контур, площадь, геометрия и т. д.

– данные Федеральной налоговой службы: кадастровый номер, назначенный налог и т. д.

В данных налоговой службы не содержится информации о геометрии участков, но, объединив два набора по кадастровому номеру, мы можем получить производный слой, тем самым «визуализировать» уплату налогов. Таким образом, мы выяснили, что далеко не со всех участков, стоящих на кадастровом учете, платится налог. Не говоря уже о том, что далеко не все участки стоят на кадастровом учете.

Хорошим примером служит адресная база, с помощью которой мы находим местоположение ранее учтенных участков без установленных границ. Адресная база требует точной выверки, так как в результате получаются объединения данных из различных источников. Название какой-нибудь деревни или улицы может быть указано по-разному, так как источники не всегда соблюдают нормализацию. Для приведения всех адресов к общему виду мы сопоставляем их с данными ФИАС, которые подобно данным ФНС представляют из себя таблицы без геометрии участков. Из обоих наборов мы извлекаем уникальные значения населенных пунктов, улиц и обновляем нашу адресную базу согласно базе ФИАС.

Также имея возможность объединения таблиц, мы можем не хранить все атрибуты земельных участков для слоя, содержащего их определенные фактические границы, тем самым не увеличивая объем данных и не дублируя их. Нам достаточно иметь кадастровый номер и контур, с помощью которых мы свяжем эту таблицу с исходными кадастровыми данными и получим недостающие поля.

1. Геометрическая обработка. Как говорилось выше, исходные кадастровые данные содержат различного рода ошибки, такие, как дубли и пересечения земельных участков. Что

касается второго вида ошибок, пересечений, автоматически их можно разве что выявить. Исправление требует ручной проверки. Но процесс устранения дублей можно и нужно автоматизировать. Работая в настольной ГИС, мы можем автоматически найти дублирующиеся объекты, после чего необходимо рассмотреть каждую пару (или более) участков и, учитывая дату постановки на учет, удалить лишнюю геометрию. Работая через СУБД, мы можем не только выделить участки с идентичной геометрией, но и очистить таблицу от лишней информации, задав критерий отбора этих участков: дату постановки на учет.

Также стоит отметить, что любые геометрические операции над данными в базе данных происходят быстрее за счет механизма построения пространственных индексов.

2. Оптимизация пространства. Если какой-либо набор данных, будь то подсчет статистики, расчет площади и количества самозахватов, геометрический слой с выявленными пересечениями и т. д., является полностью производным от иной таблицы или нескольких таблиц, его можно создать в виде представления. Представление, на языке баз данных, – это таблица, являющаяся результатом выполнения SQL-запроса и генерируемая в процессе ее вызова. Одним словом, представление не занимает физического места на диске, всегда хранится в оперативной памяти. Более того, данные в такой таблице всегда оперативно меняются вслед за изменениями данных, на которых она основана, что является большим плюсом, так как исчезает необходимость постоянного обновления всех производных таблиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Технологическая схема создания электронной картографической основы представлена на рис. 1.

Из данных об участках без геометрии было выявлено около 36 тыс. ранее учтенных участков.

Объемы исходных данных составили порядка 880 тыс. земельных участков.

Всего было отвекторизовано более 880 тыс. участков.

Рис. 1. Блок-схема процессов работы
Fig. 1. Flowchart of work processes

Выявлено более 60 тыс. самовольно занятых земель у участков, прошедших кадастровый учет.

В исходных данных было установлено 67 тыс. пересечений границ участков и более 16 тыс. дублирующихся земельных участков.

Инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения выявила 175 случаев нецелевого использования, а также позволила установить, что немногим более 23 тыс. участков используются, а около 25 тыс. являются заброшенными.

ВЫВОДЫ

За все время выполнения проекта технология решения задач и организация рабочего процесса неоднократно подвергались изменениям в целях нахождения максимально оптимизированного и универсального способа решения. Был проделан долгий путь: от «ручной» обработки до использования системы управления базами пространственных данных. Качество результатов обработки любых данных большого объема заметно возрастает при минимизации влияния человеческого фактора. Таким образом, стоит рассмотреть вариант работы с пространственными данными с помощью СУБД, если:

1. Ведется работа с объемными массивами географической и сопровождающей информации, а также с числом сотрудников больше одного;
2. Важна сохранность исходной информации и результатов работы, нужен контроль доступа к данным;
3. Необходима возможность оперативного обновления данных и доступа к ним;
4. Важно, чтобы в процессе анализа и обработки данных ничто не было случайно пропущено или не принято во внимание.

Опытным путем выяснили, что использование системы управления базами данных – это лучшее решение для автоматизации и оптимизации всех этапов работы, экономии времени и достижения максимальной эффективности использования данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асаул А.Н.* Экономика недвижимости. 2-е изд. СПб.: Питер, 2010. 624 с.
2. *Дейт К. Дж.* Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1328 с.
3. *Моргунов Е.П.* Язык SQL. Базовый курс. М., 2017. 257 с.
4. *Akakba A., Filali A.* Object-Relational Modelling and Establishment of a Generic Database for the Management and Monitoring of Urban Planning Permissions in the City of El-Eulma (Algeria). Journal of Settlements and Spatial Planning, 2017. V. 8. P. 139–145.
5. *Hanusa P., Pęska-Siwika A., Szewczyk R.* Spatial analysis of the accuracy of the cadastral parcel boundaries, Computers and Electronics in Agriculture. January, 2018. V. 144. P. 9–15.

REFERENCES

1. *Akakba A., Filali A.* Object-Relational Modelling and Establishment of a Generic Database for the Management and Monitoring of Urban Planning Permissions in the City of El-Eulma (Algeria), Journal of Settlements and Spatial Planning, 2017. V. 8. P. 139–145.
2. *Asaul A.N.* The economy of real estate. 2nd ed. SPb.: Piter, 2007. 624 p. (in Russian).
3. *Date C.J.* An Introduction to Database Systems. M.: Williams, 2005. 1328 p. (in Russian).
4. *Hanusa P., Pęska-Siwika A., Szewczyk R.* Spatial analysis of the accuracy of the cadastral parcel boundaries, Computers and Electronics in Agriculture. January, 2018. V. 144. P. 9–15.
5. *Morgunov E.P.* The SQL language. Basic course. Moscow, 2017. 257 p. (in Russian).

УДК: 528.9

Аляутдинов А.Р.[1], Семин В.Н.[2], Ушакова Л.А.[3]

РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА «ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ» В РАМКАХ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА «ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИИ»

АННОТАЦИЯ

Для любого государства устойчивое развитие транспорта является гарантией свободного перемещения товаров и услуг внутри страны и за ее пределами. Водный транспорт, наряду с другими видами транспорта, – важнейшая часть государственной инфраструктуры, обеспечивающей транспортные связи субъектов Российской Федерации и экспортно-импортные перевозки. Значительная роль внутреннего водного и морского транспорта в транспортном обслуживании населения сохраняется прежде всего в регионах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока. В данном исследовании разработаны структура, содержание и функциональные возможности тематического раздела «Водный транспорт» в рамках геоинформационного ресурса «Транспортная система России».

Концептуальная модель разрабатываемого геоинформационного ресурса предполагает реализацию в виде отдельных веб-приложений – статичной подсистемы, представленной в виде набора тематических карт с дополнительной информацией, и интерактивной подсистемы, реализованной в виде картографического приложения интегрированного в структуру ресурса.

В процессе создания ресурса собрана и проанализирована информация, характеризующая водный транспорт, определены этапы формализации информации для последующей интеграции в пространственную базу данных. Анализировались открытые статистические данные государственной статистики, публикуемые на интернет-портале Федерального агентства морского и речного транспорта [http://opendata.morflot.ru].

Создаваемый набор пространственных данных «Водный транспорт Российской Федерации» является частью общей базы данных «Транспортная система Российской Федерации» и содержит геоинформационные слои и таблицы, соединенные между собой различными логическими связями, что позволяет интегрировать данные в структуру создаваемого геоинформационного ресурса. Конечная реализация ресурса создаст информационную среду для взаимодействия участников транспортного процесса и позволит анализировать информацию о состоянии и динамике развития различных видов транспорта, в том числе водного, а также создавать в интерактивном режиме аналитические и комплексные карты транспортной тематики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационное картографирование, база пространственных данных, водный транспорт, внутренние водные ресурсы, порт, транспортная стратегия, геоинформационный ресурс.

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, каф. картографии и геоинформатики, Ленинские горы, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **alik@geogr.msu.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, каф. картографии и геоинформатики, Ленинские горы, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **vnsemin@mail.ru**

[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, каф. картографии и геоинформатики, Ленинские горы, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **la.ushakova@mail.ru**

Ali R. Alyautdinov[1], Vladimir N. Semin[2], Liudmila A. Ushakova[3]

DEVELOPMENT OF SECTION "WATER TRANSPORT" WITHIN THE FRAMEWORK OF THE GEOINFORMATION RESOURCE "TRANSPORT SYSTEM OF RUSSIA"

ABSTRACT

Water transport is one of the most important part of the transport infrastructure providing transport links of the subjects of the Russian Federation and export-import shipments and the major factor of the sustainable development of the economy. The significant role of the river transport and sea transport in the transport services is remaining, first of all, in the regions of the Far North, Siberia and the Far East. In this study the authors suggest the structure, content and functional capabilities of the thematic section "Water Transport" within the framework of the developing geoinformation resource "Transport System of Russia".

The conceptual model of the developed geoinformation resource assumes implementation in the form of separate web applications linked by web interface. First web application is the static subsystem prepared as a set of thematic maps with additional information including text, pictures, graphics. Second application is interactive subsystem realized as a cartographic application integrated into the structure of geoinformation resource.

The open statistical data published on the Internet portal of the Federal Agency for Marine and River Transport was analyzed. Significant part of information was formalized for subsequent integration into a spatial database.

The created set of spatial data "Water Transport of the Russian Federation" is part of the general database "Transport System of the Russian Federation" and contains geoinformation layers and database tables interconnected by logical links.

The final implementation of the resource will allow analyzing information on the status and dynamics of water transport as a part of transport infrastructure.

KEYWORDS: geoinformation mapping, spatial database, water transport, interior water resources, harbor infrastructure, transport strategy, geoinformation resource.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития водный транспорт является производственно-технологическим комплексом, включающим флот, водные пути, порты и судоремонтные предприятия. По типу используемых акваторий водный транспорт подразделяется на *речной* и *морской*. Морские суда должны обладать мореходностью, то есть способностью не разрушаться и не тонуть при волнении. Морские суда, как правило, более крупные, чем речные. В настоящее время эти различия стираются, так как речники широко внедряют суда смешанного «река-море» плавания, которые могут выходить через устья рек в море, ходить по нему до расположенных на нем портов или входить в устья других рек. Для погрузки и выгрузки грузов служат порты (морские и речные), для пассажиров

[1] Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic, Leninskiye Gory, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **alik@geogr.msu.ru**
[2] Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic, Leninskiye Gory, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **vnsemin@mail.ru**
[3] Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic, Leninskiye Gory, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **la.ushakova@mail.ru**

сооружают морские и речные вокзалы. Основное преимущество водного транспорта – низкие энергозатраты, они в 6 раз меньше, чем при перевозках по железным дорогам и в 25 раз меньше, чем при перевозках автотранспортом.

Морской транспорт России сегодня обслуживает в основном внешнюю торговлю; для каботажных перевозок он используется в гораздо меньших масштабах. Общая протяженность морских судоходных линий, эксплуатируемых Россией, оценивается в настоящее время более чем в 1 млн км. Наиболее крупные порты на Черном море – Новороссийск и Туапсе (экспорт нефти, импорт зерна), на Азовском море – Таганрог, на Балтийском – Санкт-Петербург (самые разнообразные грузы), Калининград и Выборг, на Белом – Архангельск (экспорт леса и лесоматериалов), на Баренцевом – Мурманск (экспорт апатитов, цветных металлов и других грузов), на Дальнем Востоке – Владивосток, Находка, Ванино, Корсаков (разнообразные грузы, в том числе экспорт леса, лесоматериалов и угля в Японию). Большое значение для освоения природных ресурсов приморских районов отечественного Крайнего Севера имеет Северный морской путь, однако его эксплуатация проходит в исключительно сложных навигационных условиях и является весьма дорогим предприятием [Тархов, 2004].

В целом морской транспорт России находится в очень тяжелом положении, и для его «реанимации» требуются крупные капиталовложения, как в береговую инфраструктуру, так и в сам флот. Для оздоровления морского транспорта намечается коренная реконструкция имеющихся морских портов, а также новое строительство: на Балтике – крупнейшего в России порта в Усть-Луге с грузооборотом в несколько десятков миллионов тонн в год; крупного нефтеналивного порта в Приморске; значительное расширение Выборгского порта; создание на Черноморском побережье России 2–3 новых крупных портов, в основном экспортного значения; на Дальнем Востоке – расширение и коренная реконструкция морских портов Японского моря, и в первую очередь Владивостока и Находки [Тархов, 2004].

Внутренние водные пути России являются важнейшей частью инфраструктуры государства, обеспечивающей транспортные связи субъектов Российской Федерации, а также экспортно-импортные перевозки в прямом водном сообщении в 670 портов 45 стран Европы, Азии и Африки. Особенно велико их значение для хозяйственной и культурной жизни Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Судоходные водные пути – это внутренние водные пути, используемые для судоходства и сплава леса. Они подразделяются на естественные (внутренние моря, озера и реки) и искусственные (шлюзованные реки, судоходные каналы, искусственные моря и водохранилища). Выделяются магистральные водные пути, обслуживающие международные перевозки и перевозки между крупными районами внутри страны, а также местные, обслуживающие внутрирайонные связи [Гладков и др., 2011].

Общая протяженность внутренних водных путей федерального значения составляет 101 484,8 км на территории 64 субъектов Российской Федерации, из них с гарантированными габаритами судовых ходов 49 872,6 км, с выставлением средств навигационной обстановки 53 044,6 км, из них с круглосуточным движением судов 38 285,3 км. При этом 78 % водных путей являются безальтернативными для доставки грузов и пассажиров, обеспечивают «северный завоз» [Федеральное агентство морского и речного транспорта, http://www.morflot.ru].

Технико-экономические исследования показывают, что для судоходства в России может быть использовано более 500 тыс. км внутренних водных путей. Однако направление течения целого ряда рек не совпадает с направлением грузовых и пассажирских потоков. Кроме этого, использование для судоходства отдельных водотоков оказывается экономи-

чески нецелесообразным из-за неудовлетворительных судоходных и сложных гидрологических условий, а в отдельных случаях и возможных экологических последствий. Поэтому большое значение для эффективного использования водных путей имеет проводимое в отдельных бассейнах гидротехническое строительство по созданию межбассейновых соединений с возведением комплекса транспортных и энергетических сооружений. Шлюзование рек позволило радикально улучшить судоходные условия на основных транспортных магистралях страны.

По данным правительства РФ, транспорт на внутренних водных путях значительно экономичней автомобильного и железнодорожного: удельный расход топлива у него меньше на 25 % и 53 %, соответственно. На его содержание требуется в десятки раз меньше средств. Однако серьезным барьером для развития внутреннего речного транспорта является высокий износ инфраструктуры (практически не обновлявшейся в 1990-е и начале 2000-х гг.) и флота. Покупке новых судов мешает большой срок их окупаемости (например, для пассажирских он составляет более 25 лет). Также серьезную проблему представляет обмеление рек [Федеральное агентство морского и речного транспорта, http:opendata.morflot.ru].

29 февраля 2016 г. правительство утвердило «Стратегию развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 г.». Согласно этому документу, к 2030 г. планируется обновить речной флот, доведя средний возраст грузовых судов до 25,4 года, а туристических – до 30 лет. Перевозки грузов планируется удвоить со 124,8 млн т до 242 млн т в год, пассажирские перевозки – стабилизировать на уровне 15-16 млн человек в год.

Также стратегией развития предусмотрено строительство Нижне-Свирского гидроузла, Нижегородского низконапорного гидроузла на Волге, Багаевского гидроузла на Дону – это позволит обеспечить глубину в четыре метра на всей протяженности речных путей в Европейской части России. Также ведется проектирование вторых ниток шлюзов Волго-Донского водного пути (Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.).

Несмотря на падение объемов перевозок, внутренние водные пути и расположенные на них речные порты сохраняют в транспортном комплексе России важное социально-экономическое значение. Перегрузочный потенциал речных портов недоиспользуется, в то время как пропускная способность железных и автомобильных дорог исчерпана и необходимы миллиардные затраты на развитие их инфраструктуры.

Важными факторами, оказывающими существенное влияние на функционирование внутреннего водного транспорта, стали:

1. Выход на первый план критериев стоимости, времени и качества доставки товаров при определении способа транспортировки и вида транспорта.
2. Переключение грузо- и пассажиропотоков на альтернативные виды транспорта, в первую очередь автомобильный, вследствие процессов автомобилизации и повышения экономичности автотранспортных средств.
3. Отход государства от прямого финансирования развития транспортной инфраструктуры к моделям государственно-частного партнерства.
4. Изменение характера грузопотоков, рост в структуре перевозок доли грузов с высокой степенью обработки, контейнеризация грузопотоков.
5. Активное развитие посреднических форм бизнеса, в первую очередь логистики и транспортно-экспедиторских услуг [Рудометкин, 2006; Знатнов, 2016].

Стратегией развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 г. предусматривается:

– создание условий для переключения части грузопотоков с наземных видов на внутренний водный транспорт для обеспечения сбалансированного развития транспортной системы страны;

– обеспечение роста конкурентоспособности внутреннего водного транспорта на рынке транспортных услуг;

– повышение доступности и качества услуг внутреннего водного транспорта для грузоотправителей;

– обеспечение социальной функции внутреннего водного транспорта в сфере пассажирских перевозок;

– повышение уровня безопасности на внутреннем водном транспорте.

Речные порты, наряду с гидротехническими сооружениями и флотом, являются главным звеном в обеспечении перевозочного процесса по внутренним водным путям.

Согласно Стратегии, к 2030 г. планируется произвести работы по расширению участков, лимитирующих пропускную способность внутренних водных путей, и обновление флота. Данные меры позволят значительно увеличить объемы перевозок. Соответственно возрастет нагрузка на речные порты. Потенциал перегрузочных мощностей речных портов позволяет резко повысить количество обрабатываемых грузов (Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р).

Целью предложенного исследования является разработка геоинформационного ресурса «Водный транспорт Российской Федерации», который будет являться частью геоинформационного ресурса «Транспортная система России».

При создании ресурса необходимо решить следующие задачи: собрать и проанализировать информацию, характеризующую водный транспорт, формализовать собранную информацию для последующей интеграции в пространственную базу данных, разработать тематический раздел по водному транспорту в рамках общей концептуальной модели геоинформационного ресурса «Транспортная система России».

Работа ведется в рамках Проекта РФФИ 17-05-41115 «Концепция геоинформационно-картографического обеспечения для оценки состояния и функционирования транспортной системы России».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для полноценного географического анализа, оценки динамики и перспектив развития необходимо иметь информацию, характеризующую водный транспорт, привязанную к субъектам федерации России, которая будет использоваться при создании аналитических картографических материалов и позволит выявить пространственную дифференциацию по отдельным регионам. Эта статистическая информация представляет собой как общую характеристику субъекта федерации – численность населения, его структуру, площадь, количество населенных пунктов, структуру землепользования и ряд других показателей, так и ряд экономических показателей, характеризующих внутренний водный и морской транспорт субъекта.

Объектами статистического наблюдения на внутреннем и морском водном транспорте являются: протяженность внутренних водных судоходных путей, перевозки грузов и пассажиров, наличие флота, морских, речных и озерных причалов, несохранность перевозимых грузов, перегрузочные работы, показатели использования судов, финансовые результаты от перевозочной и другой деятельности, связанной с осуществлением транспортного процесса на водном транспорте [Федеральное агентство морского и речного транспорта, http://www.morflot.ru, http://opendata.morflot.ru].

Разработка тематического блока

В настоящее время ведутся работы по созданию нескольких наборов пространственных данных тематического блока «Водный транспорт Российской Федерации». Также представляется целесообразным деление данного тематического блока на два подраздела – «Внутренний водный транспорт» и «Морской водный транспорт». Несмотря на то что эти подразделы очень близки по своей сути, у каждого из них есть географическая и экономическая специфика, которая должна быть отображена в создаваемой базе данных.

В качестве основных наборов данных, характеризующих водный транспорт, можно выделить водные судоходные пути и портовую инфраструктуру.

Под водными судоходными путями понимаются естественные или искусственно созданные федеральные пути сообщения, обозначенные навигационными знаками или иным способом и используемые в целях судоходства. В первую очередь это касается внутренних водных путей, где судоходство осуществляется по речной сети и искусственным гидротехническим сооружениям. Специфика морских путей – установившихся судоходных трасс между портами – состоит в том, что в отличие от внутренних водных путей география морских путей непостоянна во времени, сильно подвержена влиянию экономической и политической обстановки и может существенно изменяться в результате неравномерного развития отдельных стран и регионов. Для внутренних водных путей существует нормативный документ, регулирующий использование водных путей в целях судоходства (Перечень внутренних водных путей Российской Федерации, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.12.2002 № 1800-р (с изменениями), и содержащихся государственными бассейновыми управлениями водных путей и судоходства и ФГУП «Канал имени Москвы»).

С учетом того, что в морском судоходстве сложились две основные организационные формы деятельности: линейная, когда деятельность осуществляется на основе регулярных рейсов между определенными портами, и трамповая, когда судоходство представлено отдельными рейсами по переменным направлениям, определяемым договором, для оценки морских водных путей представляется целесообразным использование информации на основе официального реестра морских портов, деятельность которых осуществляется в соответствии с федеральным законом от 08.11.2007 № 261-ФЗ «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также перечнем морских бассейнов для установления районов и сезонов плавания судов с классом Российского Речного регистра.

Для более глубокого пространственного анализа представляется целесообразным разделить все полученные водные судоходные пути, включая морские, на отдельные участки. В качестве основного критерия предлагается использовать принадлежность судоходного пути к Администрации бассейнов внутренних водных путей и морским бассейнам. Администрации бассейнов внутренних водных путей созданы в форме федеральных бюджетных учреждений, действуют в соответствии с уставами, утвержденными распоряжениями Росморречфлота, и осуществляют функции по выполнению государственных работ и оказанию государственных услуг в сфере внутреннего водного транспорта в соответствии с Кодексом внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 07 марта 2001 года № 24-ФЗ [Федеральное агентство морского и речного транспорта, http://www.morflot.ru]. В этом случае имеется возможность проводить анализ судоходных путей в рамках отдельных администраций бассейнов. Все внутренние водные пути входят в структуру 15 администраций бассейнов, в зоне ответственности которых – следующие задачи: эксплуатация и развитие внутренних водных путей

и гидротехнических сооружений; государственное регулирование деятельности речного транспорта по вопросам, отнесенным к компетенции государственных органов; обеспечение безопасности судоходства, экологической и пожарной безопасности; диспетчерское регулирование движения судов и проводка судов государственными лоцманами [Федеральное агентство морского и речного транспорта, http://www.morflot.ru].

Такой подход, в свою очередь, облегчит поиск, обработку и анализ информации, характеризующей водный транспорт Российской Федерации. С другой стороны, в зону ответственности отдельных администраций бассейнов может входить несколько субъектов федерации. Этот фактор также необходимо учитывать при разработке набора пространственных данных в рамках общей базы данных, так как существенная часть статистической информации привязана именно к субъектам федерации.

Для сравнительного анализа субъектов Российской Федерации по отдельным характеристикам водного транспорта будут использованы относительные и нормированные показатели, например, грузооборот на длину водных путей, что позволит более точно определить эффективность использования водного транспорта каждым субъектом федерации. В целом анализ водного транспорта Российской Федерации будет проводиться на основе оценки современного состояния, а также временных статистических рядов по ряду показателей с учетом «Стратегии развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 г.» (О Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 29.02.2016 № 327-р).

Структура, содержание и функциональные возможности тематического раздела «Водный транспорт» в рамках геоинформационного ресурса «Транспортная система России».

Основная цель исследования – анализ водного транспорта Российской Федерации и создание на его основе картографических представлений, характеризующих современное состояние водного транспорта. Вторичная цель – разработка геоинформационного ресурса с целью презентации широкому кругу пользователей результатов работ коллектива, выполненных в ходе проекта.

Представляется целесообразным не интегрировать в структуру ресурса сложные геоинформационные сервисы геопроцессинга, а сосредоточиться на визуализации результатов работы, представленных в виде картографических материалов и интерактивных тематических слоев, разработке пользовательского интерфейса, реализации стандартных геоинформационных возможностей (функции масштабирования и сдвига, получение атрибутивной информации, послойное представление информации и пр.), которые наиболее знакомы и востребованы широким кругом пользователей.

Концептуальная модель разрабатываемого геоинформационного ресурса предполагает реализацию в виде отдельных веб-приложений – статичной подсистемы, представленной в виде набора тематических карт с дополнительной информацией и интерактивной подсистемы, реализованной в виде картографического приложения интегрированного в структуру ресурса.

Основная задача ***статичной подсистемы*** – предоставление пользователю широкого набора информационных материалов по водному транспорту России. Подсистема реализуется в виде объемного по количеству набора картографических материалов, подготовленных заранее. С точки зрения содержания, большое внимание уделяется современному состоянию, изменению и прогнозу системы водного транспорта. Также набор включает ряд аналитических карт, характеризующих транспортную обеспеченность, структурообразующие факторы, взаимосвязь с другими транспортными системами и пр. Основной (минимальной) единицей этого раздела является карта. Визуализация карты идет по за-

просу пользователей. Вместе с картой показывается дополнительная информация, представленная в виде текстовых и графических материалов (таблиц, графиков и т. д.), характеризующих водный транспорт. Хранение осуществляется на основе файловой системы. Механизмы навигации и поиска реализованы на основе пользовательского интерфейса в виде иерархической структуры.

Функциональные возможности этой подсистемы ограничены. Пользователь имеет право просмотра картографических материалов и дополнительной информации. Карта представлена в растровом формате (JPG). Все карты делаются на единой общегеографической основе и полностью соответствуют всем требованиям классического атласного картографирования

Основная задача ***интерактивной подсистемы*** – предоставление пользователю информации о транспортной системе на основе использования интерактивных картографических материалов и дополнительной информации. Реализация этой подсистемы осуществляется на основе разработки картографического приложения, интегрированного в структуру геоинформационного ресурса с использованием картографического сервера и специализированных JavaScript библиотек. В качестве основных модулей предлагается использование базы данных MySQL, картографического сервера GeoServer, специализированной библиотеки OpenLayers. С технологической стороны разрабатываемое картографическое приложение состоит из набора сервлетов, программного кода исполняемого на стороне сервера, и JavaScript библиотеки, исполняемой на стороне клиента. Таким образом, распределяется рабочая нагрузка между сервером и клиентом, что, в свою очередь, уменьшает нагрузку при обмене данными и увеличивает скорость визуализации информации.

Для точечных объектов визуализация части исходной информации отдельных тематических блоков может быть реализована в режиме «на лету», когда в базе данных имеется информация о пространственном положении объектов. В остальных случаях основой информации являются отдельные тематические слои, заранее подготовленные и оформленные в формате ГИС.

В интерактивной системе предполагается реализация следующих основных функциональных возможностей: функции изменения масштаба и сдвиг, показ атрибутивной информации, возможности манипулирования со слоями, пространственный выбор объектов и выбор объектов на основе атрибутивной информации, визуализация легенды, визуализация дополнительной информации. Большое внимание необходимо уделить разработке пользовательского интерфейса и компоновке приложения. От этого зависят в целом удобство использования системы и реакция пользователей.

Таким образом, с точки зрения реализации концептуальной модели разрабатываемого геоинформационного ресурса, вся исходная информация, характеризующая водный транспорт России, должна быть формализована и представлена в виде отдельного набора пространственных данных в рамках общей базы данных «Транспортная система Российской Федерации».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структура создаваемого набора пространственных данных «Водный транспорт Российской Федерации» в рамках общей базы «Транспортная система Российской Федерации» представляет собой геоинформационные слои и совокупность таблиц, соединенных между собой разными логическими связями.

Судоходные пути – совокупность линейных объектов, имеющих уникальный идентификатор, к которому может быть привязана любая тематическая информа-

ция, представлен в виде слоя в формате ГИС. В качестве основы при создании слоя судоходных путей был использован слой Гидрография цифровой карты Российской Федерации масштаба 1 : 8 000 000. Судоходность объектов гидрографии определялась на основе информации Ведомственного фонда пространственных данных Росморречфлота [http://opendata.morflot.ru]. Использование функций геопроцессинга (Overlay, Intersect, Clip) позволило не только выделить судоходные внутренние пути, но и получить их привязку к отдельным участкам администраций бассейнов и принадлежность к субъектам федерации. Также каждый участок имеет уникальный идентификатор, к которому могут быть привязаны любая тематическая информация, название водотока, протяженность.

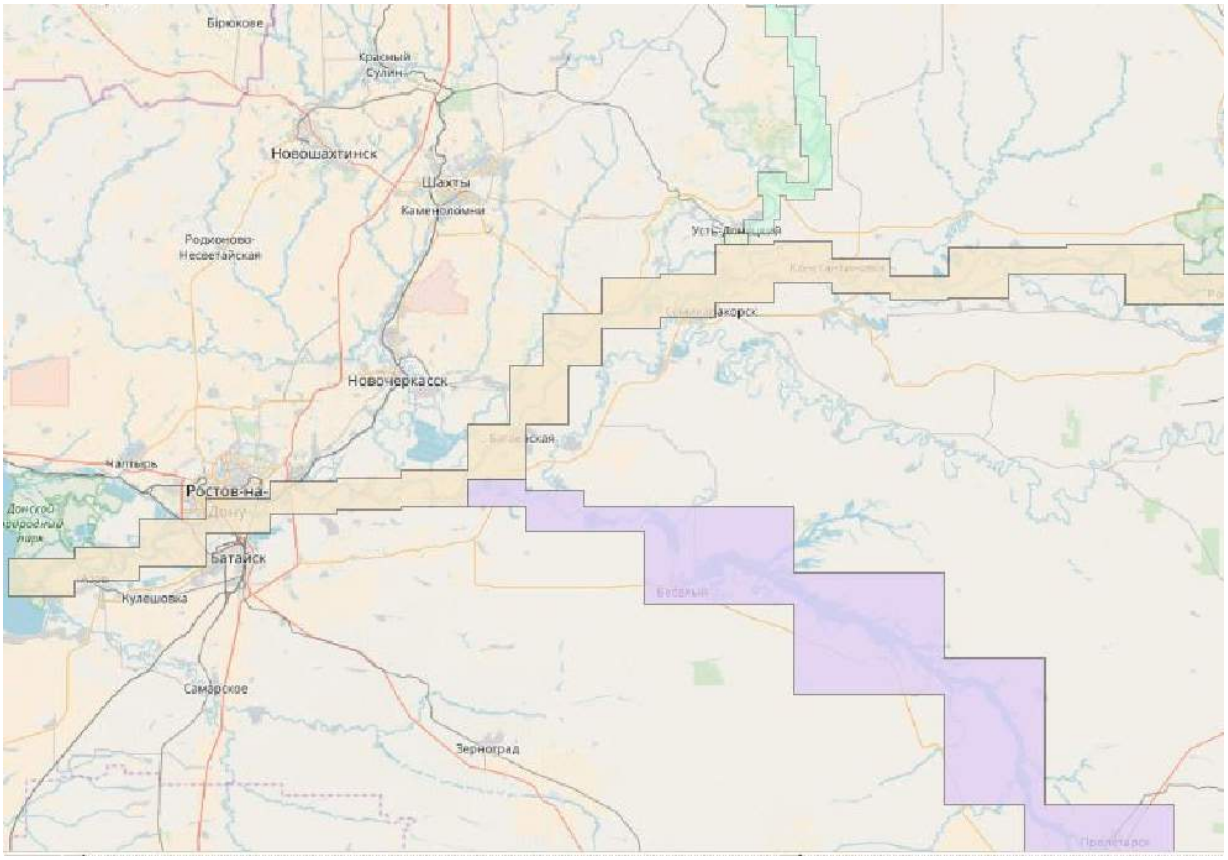


Рис. 1. Определение судоходных путей на основе информации Ведомственного фонда пространственных данных Росморречфлота
Fig. 1. Definition of navigable ways based on information of the Department of spatial data of Rosmorrechflot

Информация по портовой инфраструктуре представлена в виде набора таблиц, связанных между собой логическими связями. Имеется основная таблица, где представлена информация о пространственной привязке, названии, типе, а также поля с кодами из таблиц классификаторов. Разработанный ряд таблиц-классификаторов кодирует и формализует дополнительную информацию, которая используется для анализа водного транспорта, – например, таблица-классификатор водных бассейнов, где кодируется каждый участок внутренних водных и морских акваторий. Вся тематическая информация, характеризующая судоходство, привязана к уникальным идентификаторам портов. Принадлежность портов к субъектам федерации

определяется на основе таблицы-классификатора административно-территориального деления, что позволяет перейти к анализу и оценке водного и морского транспорта отдельных субъектов федерации.

Также в ходе выполнения работ были собраны и обработаны следующие информационные материалы, которые интегрированы в базу данных:

1. «Протяженность внутренних и морских судоходных путей». Это статистические характеристики в числовых полях базы данных, которые даны в тыс. км по субъектам РФ, что позволит отображать их в виде локализованных диаграмм при последующем отображении на картах различных масштабов. Протяженность водных путей измеряется по осевой линии судовых ходов (фарватеров), из которых выделяются пути с гарантированными габаритами судовых ходов и пути со знаками судоходной обстановки.
2. «Бассейны внутренних водных путей». Это часть внутренних водных путей, обособленная и имеющая общие климатические, навигационно-гидрографические условия обеспечения плавания судов и гидрометеорологические условия.
3. «Отправление грузов внутренним водным транспортом общего пользования». Это статистические характеристики в числовых полях базы данных (в млн т) по субъектам РФ, что позволит отображать их в виде локализованных диаграмм при последующем отображении на картах различных масштабов.
4. «Отправление пассажиров внутренним водным транспортом общего пользования». Это статистические характеристики в числовых полях базы данных (в тыс. чел.) по субъектам РФ, что позволит отображать их в виде локализованных диаграмм при последующем отображении на картах различных масштабов.
5. Статистические данные «Категории внутренних водных путей» содержат числовые поля с величинами протяженности (в км) по бассейнам рек внутренних водных путей и текстовые поля с различными параметрами, характеризующими габариты судовых ходов и средства освещенности навигационной обстановки.
6. «Администрации морских портов». Это информация о портовой инфраструктуре, представленная в виде совокупности точечных объектов, со статистическими данными, характеризующими хозяйственно-экономическую деятельность порта.

ВЫВОДЫ

В ходе исследований, выполненных в рамках работ по гранту РФФИ № 17-05-41115, был подготовлен набор пространственных данных «Водный транспорт Российской Федерации», который содержит информацию по судоходным внутренним и морским водным путям, представленную в виде слоя в формате геоинформационных систем, а также в виде набора таблиц, соединенных между собой логическими связями. Подготовка данных велась с учетом разработанной концептуальной модели, поэтому полученные данные готовы для интеграции в структуру создаваемого геоинформационного ресурса. На основе собранной информации подготавливается серия карт, включая аналитические, которые позволят оценить современное состояние и динамику развития водного транспорта как важнейшей части транспортной инфраструктуры Российской Федерации.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 17-05-41115.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-05-41115.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гладков Г.Л., Журавлев М.В., Москаль А.В., Гапеев А.М., Колосов М.А*. Водные пути и гидротехнические сооружения: Учебник для вузов. СПб.: СПГУВК, 2011. 440 с.
2. *Знатнов С.С.* Перспективы инновационного развития речных портов России // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3. Электронный ресурс: http://web.snauka.ru/issues/2016/03/65722 (дата обращения: 11.01.2018).
3. *Рудометкин В.В.* Развитие речных портов в системе международных транспортных коридоров: Автореф. дис. … канд. экон. наук. М., 2006. 30 с.
4. *Тархов С.А.* Транспорт и связь. М.: Просвещение, 2004. 252 с.

REFERENCES

1. *Gladkov G.L., Zhuravlev M.V., Moskal A.V., Gapeev A.M., Kolosov M.A*. Waterways and hydraulic structures: Textbook for high schools. Saint-Petersburg: SPGUVK, 2011. 440 p. (in Russian).
2. *Rudometkin* V.V. Development of river ports in the system of international transport corridors. Autoreferat Phd dissertation. Moscow, 2006. 30 p. (in Russian).
3. *Tarkhov S.A.* Transport and communication. Moscow: Prosveschenie, 2004. 252 p. (in Russian).
4. *Znatnov S.S.* Perspectives of innovative development of the Russian river ports. Modern scientific research and innovations. 2016. No 3. web resource: http://web.snauka.ru/issues/2016/03/65722, accessed 11.01.2018 (in Russian).

УДК 911:332.1

Голубева Е.И.[1], Заика Ю.В.[2], Тульская Н.И.[3]

МОНОГОРОДА РОССИИ: ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

АННОТАЦИЯ

В России 10 % населения проживает в 319 монопрофильных муниципальных образованиях (моногородах). Моногорода – явление во многом историческое, характерное не только для нашей страны, но и для других стран. Часть моногородов имеет давнюю историю, связанную с особенностями промышленного освоения России, некоторые появились в советскую эпоху и возникли как часть территориально-производственных комплексов, центры оборонной и атомной промышленности, города-наукограды. Не все из них сохранили до настоящего времени статус моногорода: некоторые де-юре – не вошли в Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации, другие де-факто – перестали быть моногородами, расширив свою специализацию. В постсоветскую эпоху проблемы развития моногородов оказались в центре внимания, началась разработка и реализация планов диверсификации экономики и решения социальных проблем таких поселений. В 2014 г. распоряжением Правительства Российской Федерации утвержден Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов). В настоящее время в этот перечень включены 319 городов.

Выделяют три категории моногородов: города с наиболее сложным социально-экономическим положением (100), города с рисками ухудшения социально-экономического положения (148) и города со стабильной социально-экономической ситуацией (71). Города со стабильной социально-экономической ситуацией расположены преимущественно в центральной части Европейской России, и можно говорить о том, что их более устойчивому развитию способствует экономико-географическое положение. Основными критериями для определения категории города являются состояние градообразующей организации, уровень безработицы в городе, оценка населением социально-экономической ситуации в городе.

Из 14 моногородов Арктической зоны Российской Федерации в состав Мурманской области – одного из старопромышленных регионов России – входят 2 города с наиболее сложным социально-экономическим положением и 5 городов с имеющимися рисками ухудшения социально-экономического положения. Все они являются системообразующими элементами региональной экономики, а также важными составляющими территориального развития области, где проживает почти треть городского населения региона. Международная деятельность региональных и муниципальных властей оказывает значительный экономический и инвестиционный эффект на развитие региона и его моногородов. Пути развития моногородов лежат как в сфере возрождения производств на основе инновационных технологий на базе высокого научно-технического потенциала населения, так и в развитии новых, учитывающих преимущества приграничного положения.

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **egolubeva@gmail.com**

[2] Хибинская научно-учебная база Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Железнодорожная ул., 10, 184250, Кировск, Мурманская область, Россия, *e-mail:* **yzaika@inbox.ru**

[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **tnadya@mail.ru**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: история и факторы формирования моногородов, социально-экономическое положение моногородов России, Мурманская область, диверсификация экономики, потенциал развития.

Elena I. Golubeva[1], Yulia V. Zaika[2], Nadezhda I. Tulskaya[3]

RUSSIAN SINGLE-INDUSTRY TOWNS: FORMATION, PRESENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

ABSTRACT

In Russia 10 % of the population lives in 319 single-profile municipalities (single-industry towns). Single-industry town is largely historical, typical phenomenon not only for our country but also for other countries. Part of the single-industry towns has a long history that refers to industrial development of Russia, some have grown in the Soviet time and emerged as part of the territorial and production complexes (sort of clusters), and they were centers of the defense and nuclear industry, the city-science cities. A part of them has retained the status of a single-industry town so far: a few have not been included in the list of single – industry municipalities of the Russian Federation; others have ceased to be single-industry towns, increasing the number of specialization. The development of single-industry towns became the focus of attention in the post-Soviet period, therefore the elaborating and implementation of plans addressing to economical and social concerns of such settlements began. In 2014, the government of the Russian Federation approved the List of monoprofile municipal areas (single-industry towns) of the Russian Federation. Currently, 319 cities are included in this list.

There are three categories of single-industry towns: cities with the most difficult socio-economic situation (100), cities with the risk of worsening socio-economic situation (148) and cities with a stable socio-economic situation (71). Cities with a stable socio-economic situation are located mainly in the Central part of European Russia, and we can say that their economic and geographical position contributes to rather stable condition. The main criteria for determining the category of the city are the state of the city-forming organization (industrial facility), the rate of unemployment in the city, the socio-economic situation from the point of population's view.

There are 14 single-industry towns in the Arctic zone of the Russian Federation. The Murmansk region is one of the Russian old industrial regions; it includes two cities with the most difficult socio-economic situation and five cities with the existing risks of deteriorating socio-economic situation. All of them are the backbone elements of the regional economy, as well as important components of the spatial development of the region.

KEYWORDS: history and factors of formation of single-industry towns, the socio-economic status of Russian single-industry towns, Murmansk region, economic diversification, development potential.

---

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **egolubeva@gmail.com**

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Khibiny educational and research station, Zheleznodorozhnaya 10, 184250, Kirovsk, Murmansk region, Russia, *e-mail:* **yzaika@inbox.ru**

[3] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **tnadya@mail.ru**

ВВЕДЕНИЕ

На сегодня в России около 14 млн человек (примерно 10 % населения страны) проживает в 319 монопрофильных муниципальных образованиях, так называемых моногородах. При этом численность населения в них может различаться на 3 порядка: от 759 человек в поселке городского типа Беринговский в Чукотском автономном округе, до более 707,4 тыс. человек в Тольятти (по данным территориальных органов Росстата на 1 января 2018 г.).

Появление моногородов в России связано с зарождением процессов индустриализации в империи в период правления Петра I: мануфактуры, металлургические, машиностроительные заводы в центральной России и на Урале формировались в местах наличия природных ресурсов, что требовало рабочих рук. Частично такие поселки-заводы, как их тогда называли, сохранились как монопрофильные города по сегодняшний день, например, Нижний Тагил (Свердловская область), Аша (Челябинская область) и другие. Следующий этап создания моногородов в конце XIX в. происходит преимущественно на базе легкой и угольной промышленности и на основе мануфактурного производства. Возникли такие города, как Шуя, Орехово-Зуево, Павловский Посад и шахтерские города-поселки в Кемеровской и Ростовской областях. Стоит отметить, что многие из таких городов не имеют в настоящее время статуса моногорода: некоторые де-юре не вошли в Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации, другие де-факто перестали быть моногородами, расширив свою специализацию. Примерно в этот же период крестьяне в поисках заработка уходили в города на новые осваиваемые территории, которые зачастую также были узкоспециализированы.

Индустриализация после Октябрьской революции 1917 г. стала новым фактором развития моногородов: к началу 1930-х годов монопрофильные города возникли как часть территориально-производственных комплексов, например Магнитогорск, Новокузнецк, Апатиты. Важный этап в формировании моногородов связан с периодом Великой Отечественной войны, когда в результате эвакуации предприятий из Европейской части в восточные районы появлялись поселки, ставшие позднее градообразующими. Послевоенное восстановление и развитие хозяйственной системы СССР способствовали также появлению большого числа узкоспециализированных центров. Среди них «города-энергетиков», преимущественно сложившиеся при тепловых и атомных электростанциях, центры, занятые добычей нефти и газа, связанные с начальной стадией производства (добыча угля, руд железных и цветных металлов, горно-химического сырья, ископаемого строительного сырья, их обогащение) и с пищевыми отраслями промышленности (крупные мясокомбинаты, сыроваренные заводы, сахарные заводы и др.).

Создавались города оборонной и атомной промышленности, отличающиеся не только узкой специализацией, но и условиями проживания и работы. Обычно они были «закрытыми» (некоторые из них до сих пор сохраняют статус ЗАТО), имели спецснабжение, существовало ограничение въезда и выезда граждан (Саров, Полярный, Курчатов и др.). Некоторые из них, например Серов, Снежинск, входят в Перечень. Развитие и поддержка государством научных исследований обусловили создание моногородов-наукоградов (Академгородок под Новосибирском, Дубна, Обнинск, Протвино, Троицк, Черноголовка, Зеленоград и др.). Частично они представляют города-спутники, и сегодня некоторые из них вошли в состав крупнейших и крупных городов России. Особенностью моногородов в СССР была практически их полная зависимость от градообразующего предприятия, обеспечивающего не только рабочие места, но и социальные функции [Аналитический доклад ИКСИ. Обзор Российских моногородов, https://icss.ru/images/pdf/research_pdf/MONOTOWNS.pdf].

Изменение социально-политической ситуации в начале 1990-х гг., распад СССР и последующий экономический кризис поставили острую проблему развития, а часто и самого существования моногородов, обусловленную их узкой специализацией [Проблемы и перспективы развития моногородов, 2013; Лукин, 2015]. Сегодня проблемы моногородов привлекли внимание и решения рассматриваются на самом высоком уровне. Проблема развития моногородов в России оказалась в центре внимания в кризис 2008–2009 гг., когда начались разработка и реализация планов развития таких поселений для диверсификации экономики и решения социальных проблем. В 2014 г. распоряжением Правительства Российской Федерации утвержден Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) [распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 г. О Перечне монопрофильных муниципальных образований РФ (моногородов) (с изменениями и дополнениями в 2015 и 2016 гг.), № 1398-р]; создана некоммерческая организация «Фонд развития моногородов» и др.

В настоящее время в зависимости от сложности социально-экономической обстановки выделяют три категории моногородов (рис. 1): города с наиболее сложным социально-экономическим положением (так называемая «красная зона» – 100 моногородов), города с рисками ухудшения социально-экономического положения («желтая зона» – 148 моногородов) и города со стабильной социально-экономической ситуацией («зеленая зона» – 71 моногород). Основными критериями для определения категории города являются состояние градообразующей организации (продолжает ли она производство, планирует ли высвобождение персонала), уровень безработицы в городе (по сравнению со средним по РФ), оценка населением социально-экономической ситуации в городе (на основе социологических опросов).

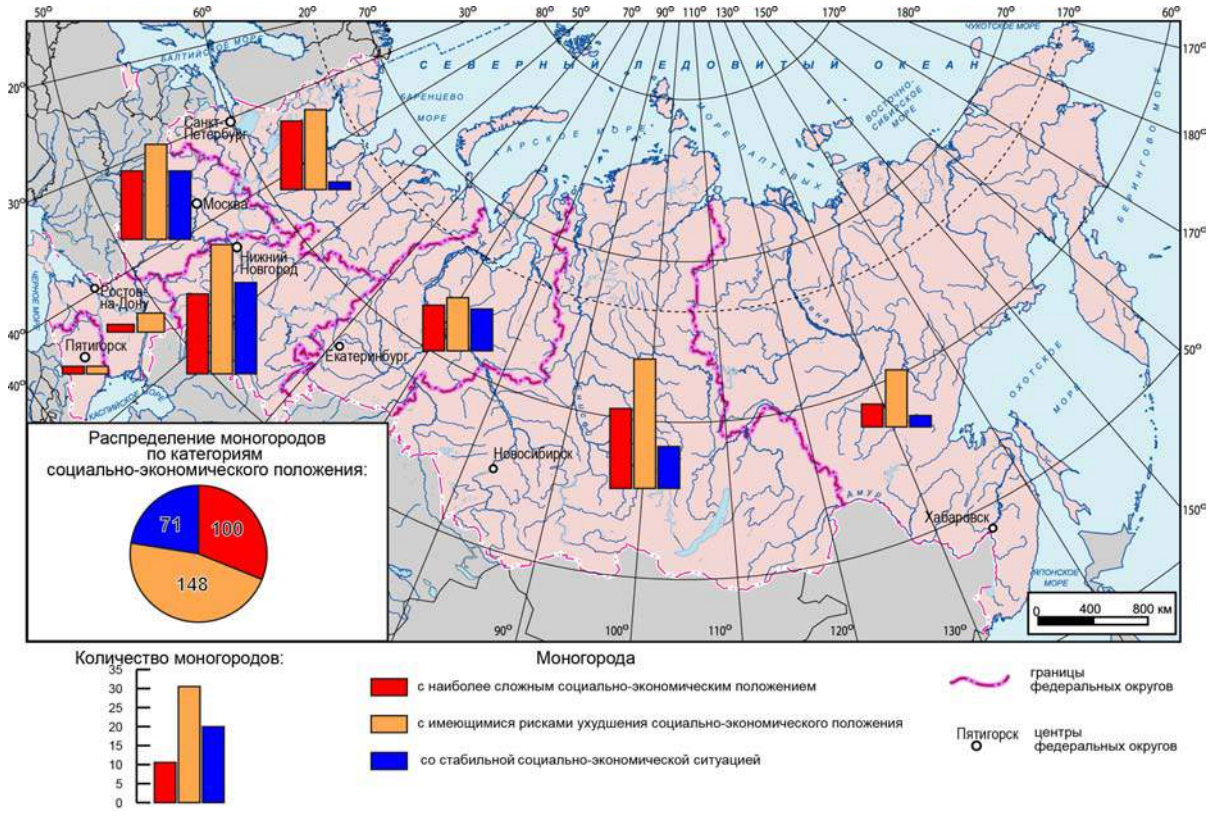


Рис. 1. Распределение моногородов по федеральным округам
Fig. 1. The distribution of single-industry towns by Federal Districts of Russia

Для решения ряда социально-экономических проблем моногородов в 2013 г. Институтом медиа, архитектуры и дизайна «Стрелка» разработана концепция комплексного подхода к созданию комфортной среды в городах «Пять шагов благоустройства повседневности» [Институт медиа, архитектуры и дизайна «Стрелка», http://strelka-kb.com], которая стала базисом для разработки национальной программы благоустройства общественной среды моногородов. Концепция предлагает пять последовательных мероприятий, призванных улучшить социально-экономическую ситуацию.

Первый этап («Сегодня в центре») предполагает благоустройство наиболее массового общественного пространства (вокзалы, площади, парки, рынки и др.) для создания общей атмосферы перемен к лучшему. На втором этапе («Будущее есть») акцентируется внимание на обустройстве и появлении новых объектов, ориентированных на молодежь. Это будет способствовать формированию новых прогрессивно мыслящих сообществ, а следовательно, станет фактором развития бизнеса, искусства или творчества, что приведет к социально-экономическому развитию. Концепция поддерживает обновление и реставрацию имеющихся достопримечательностей – третий блок «Найди прошлое и гордись им» нацелен на выявление культурного наследия, способного вызвать чувство гордости и объединить разные поколения горожан. Обновление и создание объектов социальной инфраструктуры (больницы, школы, музеи и др.) предусмотрено на четвертом этапе («Фокус внимания – социальный объект»), что призвано показать заботу о социальном благополучии горожан и будет способствовать улучшению качества жизни. Наконец, на пятом этапе («Подбери брошенное») предлагается выявление и обновление деградирующих и заброшенных объектов как требующих меньших инвестиций, чем возведение новых.

Однако главные задачи этого и всех других проектов связаны с диверсификацией экономики моногородов, созданием условий для привлечения инвестиций и развития бизнеса, созданием новых рабочих мест и комфортных условий для жизни.

Отметим, что проблема моногородов характерна не только для территории бывшего СССР – подобные моногорода существуют и в других странах, преимущественно в промышленных регионах Европы, США, Канады [Harold, 1936; Lucas, 1971; Dale, 2002; Carlson, 2003; Leadbeater, 2004; Green, 2010; Dinius, Vergara, 2011; Littlewood, 2014]. При решении проблем развития моногородов за рубежом рассматриваются разнообразные варианты – от эволюционных (смена экономического профиля, например, переориентация на промышленный туризм после закрытия самого промышленного производства) до революционных (полное переселение жителей в другие места).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель настоящего исследования – создание базы данных о современном распределении моногородов России по федеральным округам и субъектам страны и их социально-экономическом состоянии. Планируется наполнение базы данных разнообразными показателями, что впоследствии может быть использовано для мониторинга, принятия управленческих решений по их дальнейшему развитию. Для реализации этой цели поставлены следующие задачи: 1) на основе статистических данных составить карту, отражающую размещение моногородов различной категории состояния; 2) проанализировать проблемы моногородов российской Арктики; 3) на примере Мурманской области проанализировать влияние географических, экономических факторов на возможные сценарии их развития.

Структура базы данных включает различные параметры, преимущественно статистические. На ближайшие годы для более рационального управления и решения

проблем моногородов объявлен мораторий на изменение (внесение/исключение) перечня моногородов, последние изменения датируются 2016 г. Это относится и к изменению категорий городов по сложности социально-экономической обстановки, поэтому эти параметры можно считать условно статичными. В реализованной на настоящий момент части содержатся сведения о категории городов, численности населения, градообразующих предприятиях, включении моногорода в территории опережающего социально-экономического развития. На основе геоинформационных методов планируется выявление особенностей пространственной локализации с учетом транспортной доступности (городов-«одиночек», расположенных в отдалении от других моногородов и крупных городов, и областей концентрации моногородов наподобие агломераций) – это один из факторов, влияющих на сценарии развития моногородов. Поскольку одним из наиболее популярных вариантов диверсификации экономики является включение рекреационной деятельности и туризма, база данных пополняется данными об объектах культурного и – в меньшей степени – природного наследия, расположенных в самом моногороде или в непосредственной близости от него.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема современного состояния и перспектив развития моногородов привлекает пристальное внимание специалистов разного профиля – политологов, демографов, социологов, экономистов, экономико-географов, экологов и других, что связано с необходимостью разработки оптимальных сценариев их развития. Современное состояние промышленных моногородов характеризуется высокой долей природоресурсных отраслей, устаревшими технологиями, сырьевой ориентацией экспорта, что влечет их неблагополучное экологическое состояние, низкую рентабельность и, как следствие, стагнацию производства и социальной сферы [Аверкиева, Землянский, 2010; Радушинский, 2013; Растворцева, Манаева, 2013; Социально-экономическая география, 2013; Землянский, Ламанов, 2014; Микрюков, 2015; Замятина, Пилясов, 2016; Зубаревич, 2017 и др.].

На основе анализа статистических данных созданы карты, отражающие пространственные особенности размещения моногородов с учетом категорий их состояния для федеральных округов (рис. 1) и субъектов Российской Федерации (рис. 2). Из 61 региона России, на территориях которых есть моногорода, примерно в трети регионов находится по 1–2 моногорода. Наибольшее количество (24) моногородов расположено в Кемеровской области (11 городов относятся ко второй категории, 9 – к первой), а также в Свердловской (17) и Челябинской (16) областях; еще в 6 субъектах – от 10 до 12 моногородов. Города со стабильной социально-экономической ситуацией находятся преимущественно в центральной части Европейской России, и можно говорить о том, что их более устойчивому развитию способствует экономико-географическое положение.

Для анализа ситуации и влияния географических, экономических и экологических факторов на возможные сценарии развития моногородов в качестве модельной рассмотрена Мурманская область, входящая в Арктическую зону России [Дидык, Рябова, 2014; Гладышева, 2017]. Всего в АЗРФ входит 14 моногородов (рис. 3), из которых 4 города входят в первую категорию – с наиболее сложным социально-экономическим положением, 8 во вторую категорию – моногорода с имеющимися рисками ухудшения социально-экономического положения, к третьей категории – города со стабильной социально-экономической ситуацией – отнесены Норильск и Северодвинск. Половина моногородов АЗРФ входит в состав Мурманской области, из них 2 – попадают в категорию «моногорода с наиболее сложным социально-экономическим положением» и 5 – во вторую, «моногорода с имеющимися рисками ухудшения социально-экономического положения».

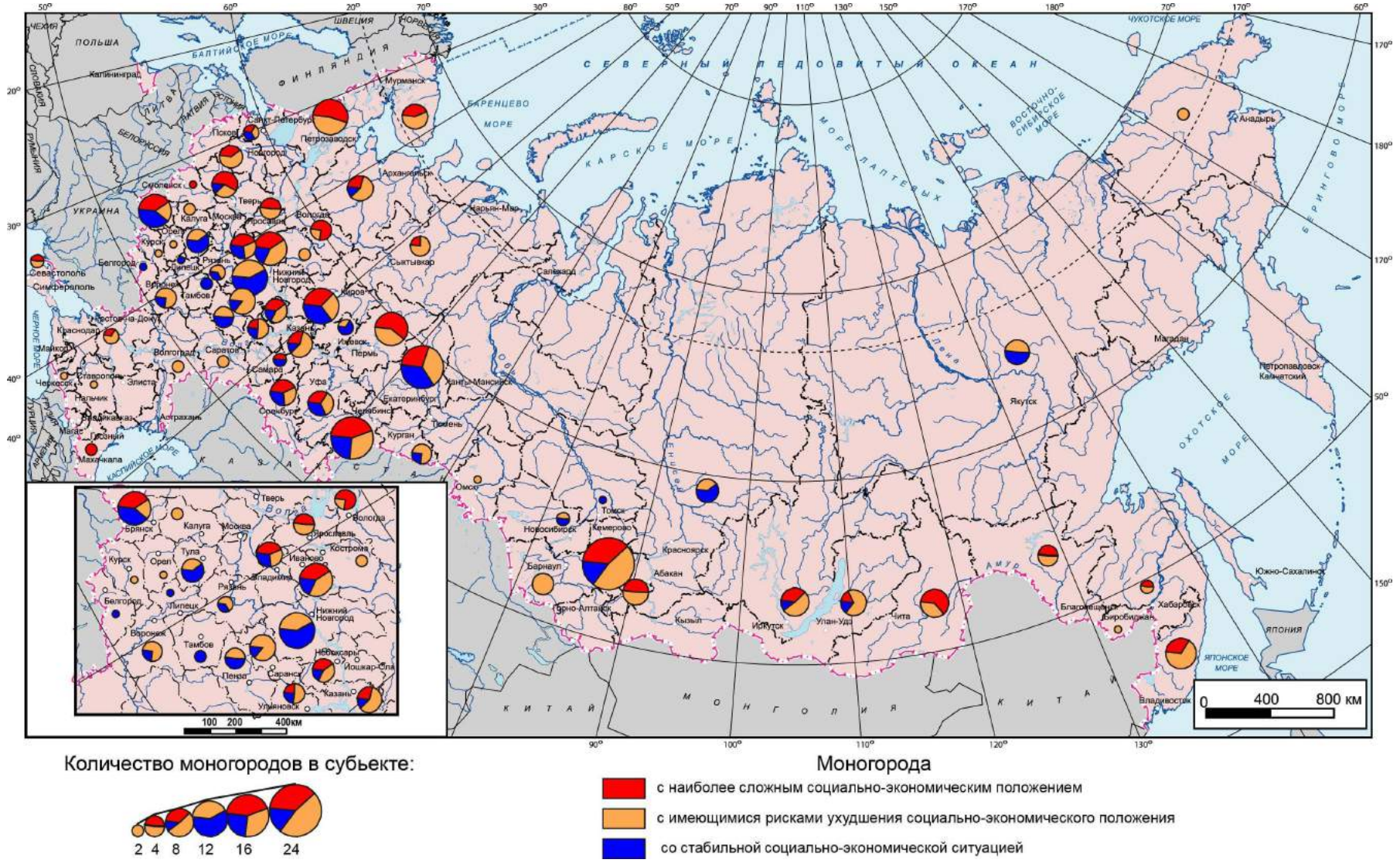


Рис. 2. Социально-экономическая ситуация в моногородах

Fig. 2. The social and economic condition of single-industry towns

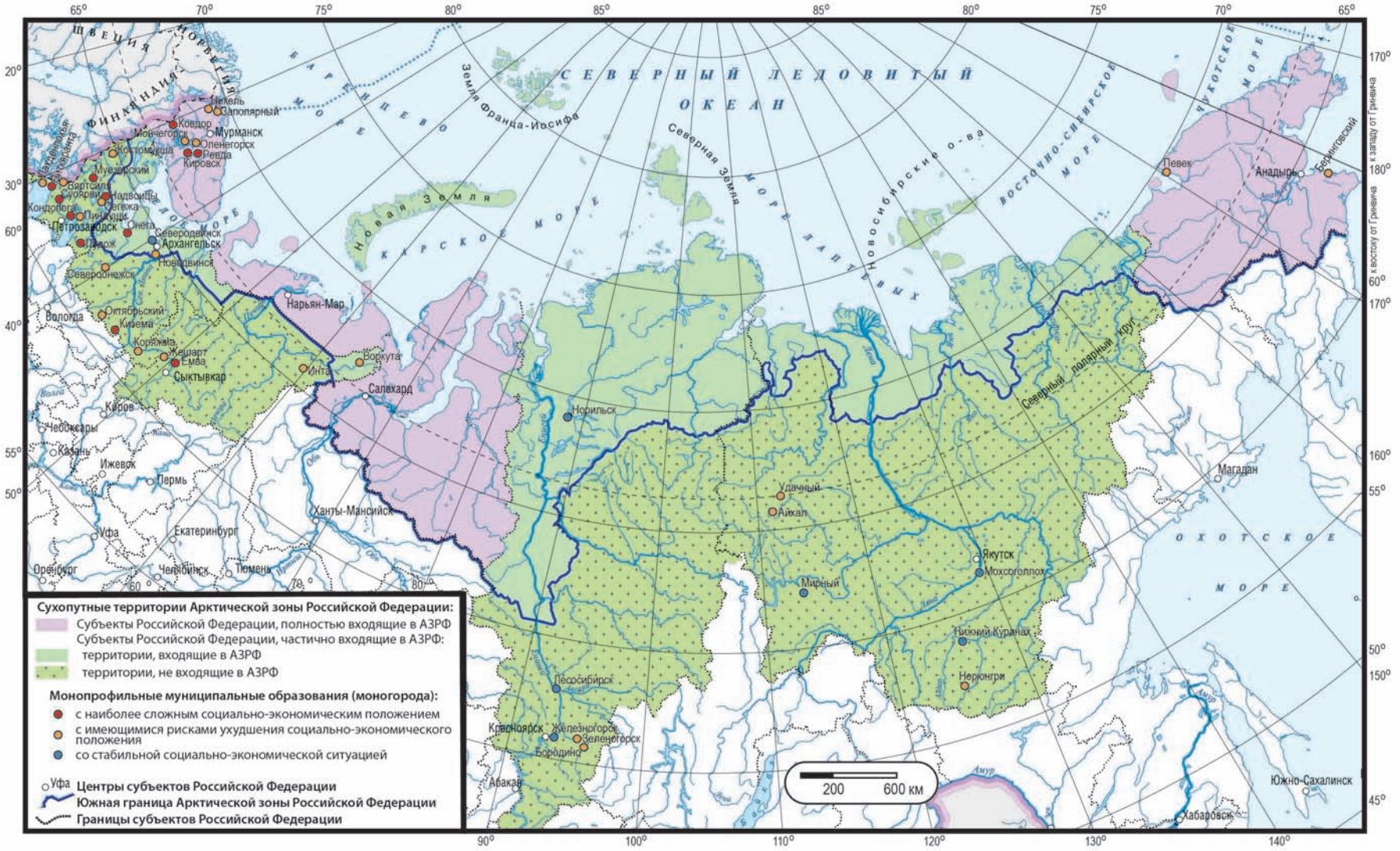


Рис. 3. Социально-экономическая ситуация в моногородах Арктической зоны Российской Федерации
Fig. 3. The social and economic condition of the Russian Arctic single-industry towns

Мурманская область является одним из старопромышленных регионов России эпохи советской индустриализации. Наиболее уязвимые в своем социально-экономическом развитии моногорода располагаются именно в старопромышленных районах нашей страны, им принадлежит особая роль в истории освоения и развития региона. Согласно Перечню монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации, Мурманская область занимает первое место среди регионов АЗРФ по количеству моногородов. В их число отнесены города Кировск, Мончегорск, Ковдор, Заполярный, Оленегорск, пгт Ревда и Никель.

История развития и освоения Мурманской области уходит своими корнями в XII век, связана с приходом новгородцев на северные земли. Край не мог не привлечь к себе внимания: окруженный двумя морями, Белым и Баренцевым, он был источником богатых биологических ресурсов, открывал перспективные морские торговые пути.

Первым этапом освоения арктических территорий был традиционный промысел – охота, рыболовство, оленеводство. В 1478 г. Кольский Север вместе с другими новгородскими землями вошел в состав Московского государства. Центром стала Кандалакша, и на Терском берегу возник ряд поселений: Варзуга, Умба, Кузомень, Тетрино, Чапома, Чаваньга, Пялица [Шашков, 2004]. Эти поселения и до настоящего времени сохранили свою самобытность, историю и культуру поморского народа. Однако рыбный промысел и торговое сообщение получили свое массовое развитие только во времена Российской Империи. Развитие инфраструктуры тогда носило стратегический характер, поскольку давало доступ не только к морскому сообщению, но и близлежащим европейским странам. С началом Первой мировой войны был основан нынешний центр Мурманской области – город Мурманск, носивший в те далекие времена название Романов-на-Мурмане. Как видно, освоение Кольской Арктики началось с решения промысловых и торговых задач, а также носило стратегический военный характер.

Повсеместное освоение недр и природных богатств полуострова происходило уже в советские времена, с началом масштабной индустриализации и коллективизации стали формироваться профильные города. Так, первая пятилетка советского Госплана ознаменовалась основанием Кировска (Хибиногорска, 1929); вторая – Ковдора (1933) и Мончегорска (1935).

Послевоенное время – это планы по восстановлению промышленности, развитию энергетической системы Европейской части России. Были основаны такие города и поселки, как Никель (1945), Оленегорск (1949), Ревда (1950), Заполярный (1955) и Полярные Зори (1968), до настоящего времени они сохраняют свою монопрофильность.

Как видно, история формирования моногородов Мурманской области типична, различия касаются в первую очередь типа осваиваемых ресурсов и транспортной доступности. Зачастую продукция, вырабатываемая на предприятиях моногорода, является уникальной. Так, предприятие г. Ковдора «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» (входит в группу компаний «ЕвроХим») является вторым в России после ОАО «Апатит» производителем апатитового концентрата, а также рудного концентрата железной руды и единственным в мире производителем бадделеитового концентрата. Производителем железорудного сырья в области является «Оленегорский горно-обогатительный комбинат» (АО «Олкон»), входящий в группу компаний ПАО «Северсталь» и образующий г. Оленегорск. «Олкон» добывает железистые кварциты с содержанием железа в добытой руде 28 % общего и 22 % магнетитового. Помимо основного производства, «Олкон» – самый крупный производитель щебня строительного и для балластировки железнодорожных путей в Северо-Западном регионе России.

Предприятие является единственным в России производителем ферритовых стронциевых порошков (ФСП) – сырья для производства твердых магнитов и магнитопластов.

Все моногорода Мурманской области играют ведущую роль в горнопромышленном комплексе и составляют наибольшую долю в объеме промышленного производства региона. До 60 % производимой в Мурманской области энергии обеспечивает «Кольская атомная станция» (филиал концерна «Росэнергоатом»), которая также является градообразующим предприятием г. Полярные Зори. При этом ни один из этих городов не входит в категорию со стабильной социально-экономической ситуацией. И эта ситуация, несомненно, требует самых серьезных мер по стабилизации, поскольку моногорода, сложившиеся в процессе исторического освоения северных территорий, наряду с остальными северными поселениями являются основой жизнедеятельности и развития Арктики как стратегического региона России.

Надо отметить, что горнопромышленные монопрофильные поселения Мурманской области являются системообразующими элементами региональной экономики, а также важными составляющими территориального развития области, где проживает почти треть городского населения региона. Поскольку Мурманская область является моноцентричным регионом, достаточно значимы процессы социально-экономической диспропорции, сглаживание которых возможно за счет развития в регионе дополнительной зоны роста. Международная и парадипломатическая деятельность региональных и муниципальных властей оказывает значительный экономический и инвестиционный эффект на развитие региона и в частности его моногородов.

ВЫВОДЫ

Промышленная направленность моногородов влечет за собой формирование сложной экологической ситуации на фоне экстремальных природных условий, усугубляющих социально-экономические проблемы. На примере Мурманской области видно, что пути развития моногородов лежат как в сфере возрождения производств на основе инновационных новых технологий на базе высокого научно-технического потенциала населения, так и в развитии новых, учитывающих преимущества приграничного положения (в первую очередь, развитие различных видов туризма и торговых контактов).

Географически выгодное, уникальное расположение Мурманской области на границах с двумя другими странами на территории Баренцева Евро-Арктического региона расширяет возможности региона для доступа к европейским рынкам и основным транспортным маршрутам (например, Северный морской путь), что может кардинально изменить социально-экономическую ситуацию.

Параллельное формирование современных механизмов государственного управления социально-экономическим развитием Арктической зоны и моногородов Российской Федерации ускорило процессы экономической трансформации в Мурманской области путем реализации управленческих решений на региональном (формирование Кольской опорной зоны) и муниципальном уровнях (создание территории опережающего развития в Кировске).

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ, проект № 17-05-41173 РГО_а.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-05-41173 РГО_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверкиева К.В., Землянский Д.Ю.* Функциональная трансформация моногородов России: риски и возможности реализации новых функций // Социально-экономическое развитие регионов России: проблемы теории и практики. Смоленский гуманитарный университет (Смоленск). Смоленск, 2010. С. 173–177.
2. *Гладышева И.В.* Структурная политика для развития экономики моногородов Арктической зоны Российской Федерации // Арктика и Север, 2017. № 26. С. 76–84. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2017.26.76.
3. *Дидык В.В., Рябова Л.А.* Моногорода российской Арктики: стратегии развития (на примере Мурманской области) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2014. № 4 (34). С. 84–97.
4. *Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н.* Монопрофильные города России: блокировки и драйверы инновационного поиска // Форсайт, 2016. Т. 10, № 3. С. 53–64.
5. *Землянский Д.Ю., Ламанов С.В.* Сценарии развития монопрофильных городов России // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2014. № 5. С. 69–74.
6. *Зубаревич Н.В.* Трансформация рынков труда российских моногородов // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2017. № 4. С. 38–43.
7. *Лукин Ю.Ф.* Арктика: настоящее и будущее // Арктика и Север. 2015. № 18. С. 173–177.
8. *Микрюков Н.Ю.* Монопрофильные поселения России в системах городского расселения // Региональные исследования. 2015. № 3. С. 99–107.
9. Проблемы и перспективы развития моногородов: Материалы регионального научно-практического семинара. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2013. 36 с.
10. *Радушинский Д.А.* Перспективы развития многофункциональных социальных пространств в моногородах добывающих регионов Российской Федерации // Современные научные исследования и инновации. 2013. № 12. Электронный ресурс: web.snauka.ru /issues/2013/12/29101 (дата обращения: 12.03.2018).
11. *Растворцева С.Н., Манаева И.В.* Социально-экономическое развитие моногородов Центрально-Черноземного района России: проблемы и пути решения. М.: Экон-информ, 2013. 140 с.
12. Социально-экономическая география: понятия и термины. Словарь-справочник / Отв. ред. А.П. Горкин. Смоленск: Ойкумена, 2013. 328 с.
13. *Шашков В.Я.* Спецпереселенцы в истории Мурманской области: К 65-летию Мурманской области / Мурманский гос. пед. ун-т. Мурманск: Изд-во «Максимум», 2004. 320 с.
14. *Carlson L.* Company Towns of the Pacific Northwest. Washington: University of Washington Press, 2003. 286 p.
15. *Dale B.* An institutional approach to local restructuring: the case of four Norwegian mining towns. European Urban and Regional Studies, 2002. V. 9, No 1. P. 5–20.
16. *Dinius O.J., Vergara A.* Company Towns in the Americas: Landscape, Power, and Working-Class Communities (Geographies of Justice and Social Transformation). Athens, Georgia: University of Georgia Press, 2011. 236 p.
17. *Green H.* The Company Town: The Industrial Edens and Satanic Mills That Shaped the American Economy. New-York: Basic Books, 2010. 498 p.
18. *Harold I.* Settlement and the Mining Frontier, in Settlement and the Forest Frontier in Eastern Canada, ed. Arthur R.M. Lower. Toronto: Macmillan of Canada, 1936. P. 170–407.
19. *Leadbeater D.* Mining towns and the new Hinterland crisis, Canadian Dimension. Dimension Publications Inc, 2004. No 5. P. 41–44.

20. *Littlewood D.* ′Cursed′ Communities? Corporate Social Responsibility (CSR), Company Towns and the Mining Industry in Namibia. Journal of Business Ethics. 2014. V. 120, issue 1. P. 39–63.
21. *Lucas R.* Minetown, Milltown, Railtown: Life in Canadian Communities of Single Industry. Toronto: University of Toronto Press, 1971. 443 p.

REFERENCES

1. *Averkieva K.V., Zemlyansky D.Yu.* Functional transformation of Russia′s single-industry towns: risks and opportunities for the implementation of new functions. Socio-economic development of Russia's regions: problems of theory and practice. Smolensk: Smolensk Humanities University, 2010. P. 173–177 (in Russian).
2. *Carlson L.* Company Towns of the Pacific Northwest. Washington: University of Washington Press, 2003. 286 p.
3. *Dale B.* An institutional approach to local restructuring: the case of four Norwegian mining towns. European Urban and Regional Studies, 2002. V. 9, No 1. P. 5–20.
4. *Didyk V.V., Rjabova L.A.* Single-industry towns of the Russian Arctic: development strategies (example of the Murmansk region). Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz, 2014. No 4 (34). P. 84–97 (in Russian).
5. *Dinius O.J., Vergara A.* Company Towns in the Americas: Landscape, Power, and Working-Class Communities (Geographies of Justice and Social Transformation). Athens, Georgia: University of Georgia Press, 2011. 236 p.
6. *Gladysheva I.V.* Structural policy for development of single-industry towns in the Arctic zone of the Russian Federation. Arktika i Sever, 2017. No 26. P. 76–84 (in Russian). DOI: 10.17238/issn2221-2698.2017.26.76.
7. *Green H.* The Company Town: The Industrial Edens and Satanic Mills That Shaped the American Economy. New-York: Basic Books, 2010. 498 p.
8. *Harold I.* Settlement and the Mining Frontier, in Settlement and the Forest Frontier in Eastern Canada, ed. Arthur R.M. Lower. Toronto: Macmillan of Canada, 1936. P. 170–407.
9. *Leadbeater D.* Mining towns and the new Hinterland crisis, Canadian Dimension. Dimension Publications Inc, 2004. No 5. P. 41–44.
10. *Littlewood D.* 'Cursed' Communities? Corporate Social Responsibility (CSR), Company Towns and the Mining Industry in Namibia. Journal of Business Ethics. 2014. V. 120, issue 1. P. 39–63.
11. *Lucas R.* Minetown, Milltown, Railtown: Life in Canadian Communities of Single Industry. Toronto: University of Toronto Press, 1971. 443 p.
12. *Lukin Yu.F.* Arctic: present and future. Arktika i Sever, 2015. No 18. P. 173–177 (in Russian).
13. *Mikryukov N.Yu.* Mono-profile settlements of Russia in urban settlement systems. Regional studies. 2015. No 3. P. 99–107 (in Russian).
14. Problems and prospects for the development of single-industry towns: the proceedings of the regional scientific and practical seminar. Voronezh: Voronezh State University, 2013. 36 p. (in Russian).
15. *Radushinsky D.A.* Prospects for the Development of Multifunctional Social Spaces in Single-industry towns of the Producing Regions of the Russian Federation. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2013. No 12. Web resource: web.snauka.ru/issues/2013/12/29101 (reference date: 12.03.2018) (in Russian).
16. *Razvortseva S.N., Manaeva I.V.* Social and economic development of single-industry towns of the Russian Central Chernozemic economic region: problems and solutions. Moscow: Ekon-Inform, 2013. 140 p. (in Russian).

17. *Shashkov V.Ya.* "Forced migrants" in the history of the Murmansk region: To the 65th anniversary of the Murmansk region. Murmansk: Publishing house "Maximum", 2004. 320 p. (in Russian).
18. Socio-economic geography: concepts and terms. Dictionary-reference. Eds. A.P. Gorkin. Smolensk: Oykumena, 2013. 328 p. (in Russian)
19. *Zamyatina N.Yu., Pilyasov A.N.* Mono-profile cities in Russia: locks and drivers of innovative search. Forsyte. 2016. V. 10, No 3. P. 53–64 (in Russian).
20. *Zemlyansky D.Yu., Lamanov S.V.* Scenarios for the development of mono-profile cities in Russia. Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2014. No 5. P. 69–74 (in Russian).
21. *Zubarevich N.V.* Transformation of labor markets of Russian single-industry cities. Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2017. No 4. P. 38–43 (in Russian).

УДК: 528.94

Каргашина М.А.[1]

СИСТЕМА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ

АННОТАЦИЯ

Одной из актуальных проблем современности является развитие информационного обеспечения градостроительной деятельности. Его основой должно являться картографо-геоинформационное обеспечение, объединяющее возможности традиционного картографирования с функциональностью современных ГИС-технологий. Это позволит создать эффективный инструмент для управления развитием территорий.

В настоящее время на государственном уровне ведется достаточно активная работа в данной сфере: созданы федеральная государственная система территориального планирования и информационные системы обеспечения градостроительной деятельности, разработаны многочисленные нормативные документы. Однако анализ сложившейся ситуации показывает, что при работе в этом направлении упускаются из виду некоторые принципиальные вопросы. Развитие информационного обеспечения сконцентрировано в большей степени на решении технологических и организационных вопросов. При этом не уделяется необходимого внимания моделированию территории средствами картографии и геоинформатики, карта воспринимается как графическое приложение, суть которого только в математически определенном отображении геоданных. Следствием этого становится отсутствие ожидаемого эффекта от применения геоинформационных технологий, информационное обеспечение не выполняет своих функций.

Эта проблема может быть успешно решена при использовании существующих в картографии и геоинформатике подходов. В данной статье предлагается концептуальная схема организации информационного обеспечения градостроительной деятельности, основанная на результатах анализа ее структуры и информационных процессов. В схеме указываются этапы и последовательность работ, задачи каждого этапа и место получаемых материалов в составе информационных систем и различных документов, таких, как, например, схема территориального планирования или документы по ее обоснованию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационное обеспечение, картографическое обеспечение, градостроительная деятельность, территориальное планирование, планирование развития территорий.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **m.kargashina@mail.ru**

Maria A. Kargashina[1]

GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF URBAN DEVELOPMENT: ACTUAL STATE AND HIGHLIGHTS OF DEVELOPMENT

ABSTRACT

Nowadays the evolution of information support for urban development is the one of the most relevant problems facing science and administration. It is accepted that it should be based on cartography and geographic information sciencet. It allows it combine the capabilities of traditional mapping with the functionality of modern GIS technologies. The described approach will create an effective tool for managing the development of territories.

Currently, there is being carried out an active work on this area. There has been created the Federal state system of territorial planning and information systems for urban development at the state level. Moreover, there have been developed numerous normative documents. However, the thorough analysis of the actual state have shown that some fundamental issues are missed when working in this direction. The current development of information support is mostly focused on solving technological and organizational issues. At the same time, the specialists pay insufficient attention to the modeling of the territory by means of cartography and Geoinformatics. It leads to the the fact that map becomes just a graphical application. The purpose of such map is to show mathematically defined geodata on the sheet of paper. The principal consequence is that GIS technologies don't fulfill their functions and participants don't gain expected positive effect of geoinformation technology utilization.

This problem can be successfully solved by means of using the existing approaches, which are well known in cartography and geoinformation science. There is offered the conceptual scheme of organization of information support of urban development activity in this article. The suggested approach is based on the analysis of structure and workflows accompanying urban planning. The scheme specifies the stages and sequence of works, the tasks of each stage and the place of received materials in the workflows.

KEYWORDS: geographic information support, cartographic support, urban development, urban planning, territorial development planning.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие территорий в ключе концепции устойчивого развития на протяжении длительного времени остается одной из самых актуальных задач современности. В настоящее время относительно устоялись основные принципы территориального планирования, накопился немалый опыт решения разного рода проблем в данной области, имеются многочисленные разработки фундаментального и прикладного характера. Тем не менее следует признать, что систему управления градостроительной деятельностью в России нельзя считать окончательно сформировавшейся. В широком спектре причин сложившейся ситуации необходимо выделить отсутствие комплекса организационных, методологических и практических решений, позволяющих сформировать ядро системы планирования развития территорий, несущее функции информационного обеспечения, коммуникации между участниками градостроительной деятельности и управления процессами планирования.

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **m.kargashina@mail.ru**

Очевидно, что практическим выражением такого ядра должна стать специализированная географическая информационная система (далее ГИС). В настоящее время ГИС уже позиционируется как основа информационного обеспечения градостроительной деятельности, однако общепринятое представление о такой системе позволяет определить ее скорее как электронный атлас с простейшими инструментами – просмотр, навигация по карте, некоторые картометрические действия. Возможности современных ГИС-технологий значительно шире, а их полноценное применение позволит поднять территориальное планирование на качественно новый уровень.

Геоинформационная система, созданная специально для нужд территориального управления, должна стать полноценным инструментом для поддержки принятия решений в области управления территорий. Основой для этого должны послужить точная, актуальная, полная, достаточно подробная для необходимых выводов информация, составляющая базу данных ГИС, а также геоинформационный инструментарий, позволяющий в полной мере реализовать подходы и алгоритмы картографического метода исследования. Исключительную важность также имеют вопросы формирования комплекса картографических материалов на базе ГИС.

ГИС для территориального управления становится средством коммуникации специалистов различных направлений, а также обывателей. Следует подчеркнуть, что геоинформационная система предоставляет дополнительные средства коммуникации в сравнении с традиционными атласами и картами. Геоинформационные технологии дают возможность получить привычный визуальный образ в случае экранного картографического представления информации, при этом он может составляться «на лету» в зависимости от потребностей пользователя. Одновременно в ГИС есть возможность представления информации в виде атрибутивных таблиц, что является более удобным для ряда задач и отдельных групп специалистов. Также на основе базы данных можно создавать различные демонстрационные материалы (например, графики).

В процессе территориального управления возникает потребность предоставления имеющейся информации в различных формах: в виде электронных материалов, настенных карт, «бумажных» атласов и отдельных карт, изображений в сети интернет и т. д. ГИС-технологии позволяют выполнить предварительную подготовку картографических материалов под конкретную форму, а также экспортировать в различные форматы или выполнить печать.

И, конечно, следует особо отметить ключевое преимущество геоинформационных технологий: возможность сравнительно быстрого обновления и специализированной обработки геопространственной информации. Именно это позволяет считать их инструментом информационного обеспечения градостроительной деятельности, позволяющим максимально эффективно и своевременно принимать необходимые управленческие решения.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В последние годы выполнен переход на качественно новую ступень в организации информационного обеспечения градостроительной деятельности. Это проявляется в расширении нормативной базы, регулирующей информационное обеспечение, а также в создании Федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП), введенной в эксплуатацию 31 декабря 2012 г. Наряду с этой системой существуют информационные системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД).

В соответствии с действующим законодательством (статья 56 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ) ИСОГД является систематизированным сводом документированных сведений о развитии территорий, их застройке,

земельных участках, объектах капитального строительства и иных необходимых для осуществления градостроительной деятельности сведений. Базовые требования к ИСОГД определены постановлением Правительства РФ от 9 июня 2006 г. № 363 «Об информационном обеспечении градостроительной деятельности» и Приказом министра регионального развития Российской Федерации от 30 августа 2007 г. № 85 «Об утверждении документов по ведению информационной системы обеспечения градостроительной деятельности».

Целями создания ФГИС ТП называются создание информационных и организационно-технологических условий для обеспечения комплексности и сбалансированности развития регионов путем усиления их положительных и нивелирования их отрицательных особенностей с ориентацией на использование их инновационного потенциала и обеспечение баланса различных интегральных групп конкурирующих интересов:

– повышение инвестиционной привлекательности территорий за счет предоставления инвесторам комплексной информации о планируемом развитии территорий на основе документов, принятых на федеральном, региональном и муниципальном уровнях;

– повышение эффективности государственного управления и местного самоуправления, взаимодействия гражданского общества и бизнеса с органами государственной власти, в том числе обеспечение эффективного межведомственного и межрегионального информационного обмена;

– укрепление системы стратегического планирования регионального развития;

– создание условий для эффективного выполнения органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления своих полномочий;

– повышение уровня автоматизации исполнения государственных функций в процессах стратегического и территориального планирования [https://fgistp.economy.gov.ru/].

Однако изучение существующей ситуации не позволяет согласиться с тем, что проблема информационного обеспечения утратила актуальность. Более того, есть опасение, что внедрение действующей ФГИС ТП, само по себе являющееся необходимым и правильным шагом в данном направлении, способствует возникновению иллюзии решения проблемы, что неблагоприятно для разработки и реализации реальных мер по ее преодолению. Источником данного опасения служат результаты анализа законодательных документов, регулирующих содержание схем территориального планирования, и документов по их обоснованию, а также устанавливающих правила наполнения, использования и поддержки ФГИС ТП.

Прежде всего необходимо определить, что считать информационным обеспечением территориального планирования и каким требованиям оно должно отвечать. Информационное обеспечение следует рассмотреть с двух позиций: 1) процесс снабжения информацией, 2) сочетание необходимой информации и инструментов, позволяющих конечному пользователю ее использовать. Под инструментами в данном случае подразумеваются не только технические, но также организационные, методические и иные средства, используемые для получения, хранения, преобразования и передачи информации. Подтверждение такому подходу можно встретить в наиболее распространенных определениях информационного обеспечения в отдельных сферах научной и хозяйственной деятельности [Райзберг и др., 2011; Словарь финансово-экономических терминов, 2012].

Логичным представляется вывод, что эффективность системы информационного обеспечения напрямую зависит от наполнения информацией в требуемых, исходя из задач, объеме, качестве, структуре, форме представления и т. д. Технологии здесь должны обеспечить сбор, хранение, обработку, передачу, представление и защиту информации, то есть они выполняют исключительно необходимую и важную, но вспомогательную роль. В зависимости от целей и задач информационного обеспечения его информационное наполнение, то есть заключенная

в нем информация, будет различно. При этом определение сущности понятия «информация» остается неоднозначным в связи с тем, что подходы к его определению различны, что неоднократно указывалось разными авторами [Информация, 1969–1978; Тикунов, 1997; Свэнтек, 1999; Тикунов, Цапук, 1999; Геоинформатика, 2005]. Для задач, имеющих одновременно научное и прикладное значение, целесообразно обратиться к предлагаемой В.С. Тикуновым триаде «данные – информация – знания». Это позволяет выявить потребность в формировании информационной среды, организация которой «должна охватывать как ее свойства "проводника" информации, так и свойства хранилища информации» [Тикунов, Цапук, 1999].

Таким образом, становится ясной недостаточность подхода, акцентирующего внимание на сборе некоего «достаточного» количества данных и обеспечении инструментов их хранения, обработки и вывода. Необходимо уделить максимум внимания вопросам внутренней организации информации, форме ее представления, способам передачи пользователю. Для решения этих вопросов следует отталкиваться от решаемых с помощью информационного обеспечения задач, характера информации в данной области.

Основу информационного обеспечения в настоящее время должны составить: государственная и муниципальные информационные автоматизированные системы, документы территориального планирования и документы по их обоснованию, иные документы, относящиеся к градостроительной деятельности. При разработке системы информационного обеспечения градостроительной деятельности необходимо выделить два аспекта ее формирования: используемые технологии и информационное наполнение.

Наличие пространственной привязки для значительной части данных является причиной, чтобы обратиться к ГИС-технологиям как основе информационной системы, что и было выполнено при создании ФГИС ТП. На сегодняшний момент IT-технологии, в том числе в области ГИС, развиваются чрезвычайно быстро и обеспечивают все основные потребности информационного обеспечения территориального планирования. Безусловно, всегда будут нерешенные вопросы, сложности и необходимость в совершенствовании, однако в целом современное состояние технологического обеспечения является более чем достаточным.

Совсем иначе обстоит дело с информационным наполнением. Анализ документов и содержания ФГИС ТП показывает, что ее информационное наполнение категорически не отвечает поставленным задачам. Содержание ФГИС ТП регламентируется в основном Приказом Минрегиона от 2 апреля 2013 г. № 127 «Об утверждении требований составляющей информационный ресурс федеральной государственной информационной системы территориального планирования» и Приказом регионального развития РФ от 30 января 2012 г. № 19 «Об утверждении требований к описанию и отображению в документах территориального планирования объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения».

Во втором документе приводится перечень необходимых к размещению в документах территориального планирования (соответственно, в ФГИС ТП) сведений. Первое, что следует отметить, – это очевидная недостаточность имеющегося перечня. Второй аспект – в данной системе не предусматривается работа с информацией, возникающей на этапе реализации проекта, являющегося частью градостроительной деятельности. Например, в нем не предлагается приводить данные о биоразнообразии, социальной напряженности, элементах природно-экологического каркаса (являющегося одним из ключевых понятий ландшафтного планирования), заболеваемости и т. д. – и количество таких пробелов велико, несмотря на то, что важность этих сведений считается общепризнанной. При этом стоит отметить, что данный перечень является хорошей основой, последовательное его развитие и расширение позволит со временем найти оптимальное количество показателей.

Однако даже имеющиеся сведения используются неэффективно в связи с другой проблемой: практически полным отсутствием требований к картографическому обеспечению. Несмотря на понимание необходимости карт как таковых, в указанных документах присутствуют лишь некоторые названия картографических произведений (указывающие их тематику) и приведен каталог условных обозначений, которые определенно не позволяют создать карты приемлемого уровня. Карта является сложной моделью действительности, требующей при создании решения множества теоретических и практических вопросов, только тогда она может полноценно выполнять свои функции. Абсолютно очевидно, что простое «сложение» визуализированных слоев географической информации не может являться таким произведением.

В качестве яркого негативного примера можно привести фрагмент карты функционального зонирования из утвержденной схемы территориального планирования Саратовской области (рис. 1). Очевидно: недопустимо низкое качество итогового результата сводит на нет информационную ценность картографического изображения, даже если предположить, что при его создании использовались оптимально подобранные данные.

Рис. 1. Фрагмент карты функционального зонирования из схемы территориального планирования Саратовской области
Fig. 1. The map (fragment) from scheme of territorial planning of the Saratov region

В то же время традиционное картографическое произведение, выполненное с использованием современных ГИС-технологий, но рассматриваемое и используемое как отдельный от них продукт, также не будет достаточно эффективно. Динамика процессов градостроительной деятельности постоянна и интенсивна, из чего следует интенсивность информационных процессов; обеспечить их должна и может исключительно геоинформационная система.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основу информационного обеспечения градостроительной деятельности в целом и территориального планирования в частности должно составить картографо-геоинформационное обеспечение, объединяющее возможности традиционного географического

картографирования и современных геоинформационных технологий. При этом развитие направления в настоящее время должно сконцентрироваться на формировании новых представлений о его информационном наполнении: содержании, структуре, представлении (в первую очередь картографическом), подходах к формированию и использованию. Разработка новых технологий, в том числе совершенствование функционала ФГИС ТП, является важным, но не ключевым вопросом в решении проблемы информационного обеспечения градостроительной деятельности.

Разработка геоинформационного обеспечения градостроительной деятельности должна изначально опираться на результаты анализа структуры градостроительной деятельности и ее потребностей в информационном обеспечении.

Градостроительная деятельность, являясь основной частью территориального управления, состоит из присущих любому управлению этапов, которые в данном случае логически разделяются на два принципиальных периода: «территориальное планирование», целью которого является разработка планировочных решений, и «реализация проекта», цель которой состоит во внедрении этих планировочных решений.

Периоду территориального планирования соответствуют следующие этапы:

1. «Подготовительный» (этап 0) – сбор и подготовка исходных материалов для дальнейших работ.
2. «Первичный анализ» (этап 1) – систематизация и первичная оценка информации.
3. «Комплексный анализ» (этап 2) – комплексная оценка современного состояния территории.
4. «Прогноз» (этап 3) – определение направлений развития процессов, их скорости и особенностей.
5. «Выводы и рекомендации (проект)» (этап 4) – разработка системы планировочных решений (состав и структура работ, последовательность выполнения), призванных обеспечить устойчивое развитие территории.

Периоду реализации проекта соответствуют этапы:

1. «Реализация» (этап 5) – реализация планировочных решений.
2. «Мониторинг и коррекция» (этап 6) – верификация прогнозов, а также выявление проблем и при необходимости реагирование на них.

Этапы градостроительной деятельности показаны на рис. 2.

Рис. 2. Этапы градостроительной деятельности
Fig. 2. Stages of urban development

Данная структура и задачи этапов должны находить прямое отражение в картографо-геоинформационном обеспечении. На рис. 3 приведена схема, в общем виде показывающая отношение между этапами градостроительной деятельности, содержанием геоинформационных и картографических материалов, задачами работ по формированию геоинформационного обеспечения.

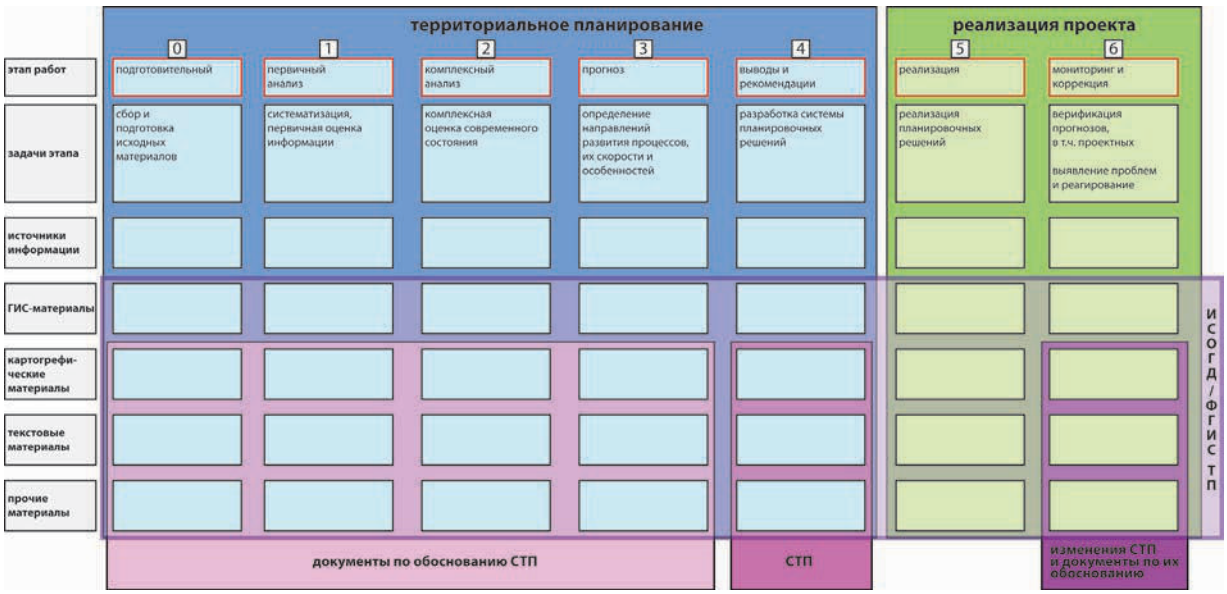


Рис. 3. Информационное обеспечение градостроительной деятельности
Fig. 2. Information support of town-planning activity

На схеме показаны этапы градостроительной деятельности и кратко приведены задачи для каждого этапа. В процессе работы на каждом этапе задействуются различные источники информации (текстовые, картографические, ДДЗ и т. д.), на основе которых создаются различные материалы, составляющие информационное обеспечение: геоинформационные, картографические, текстовые, проч. Все получаемые материалы должны входить в соответствующую иерархическому уровню административного образования систему (системы) информационного обеспечения. Данные материалы также формируют официальные документы, такие, как: схема территориального планирования; документы по обоснованию схемы территориального планирования; документы, разрабатываемые при необходимости внесения изменений в схему территориального планирования. На схеме графически отображено, какие материалы входят в состав тех или иных документов. На основе данной схемы формируются структура и содержание базы/баз данных картографического обеспечения, перечень необходимых геоинформационных инструментов. Также она должна стать основой для принятия управленческих решений в вопросах организации работ, связанных с градостроительной деятельностью, в том числе работ по геоинформационному обеспечению.

ВЫВОДЫ

Анализ современного состояния и актуальных тенденций применения геоинформационных технологий в градостроительной деятельности показал, что использование ГИС не является чем-то принципиально новым. При этом доступность программного обеспечения и видимая простота создания карт зачастую приводят к появлению материалов недопустимо низкого качества. Нарушается стандартный подход к созданию карт от проектирования до публикации, не продумываются содержание карты и используемые графические приемы, игнорируются требования к генерализации и т. д. Карта воспринимается лишь как некая иллюстрация, графическое приложение, суть которого только в математически определенном отображении содержимого базы геоданных. Следствием этого становится отсутствие желаемого эффекта от применения геоинформационных технологий.

В данной работе предлагается решение части указанных проблем путем синтеза традиционных приемов картографии и современных технологий, с предельно внимательным учетом особенностей градостроительной деятельности, принципов представления географического пространства в виде моделей. Предлагаемая система предполагает сопровождение всех этапов градостроительной деятельности с постепенным переходом от аналитических карт к синтетическим; от инвентаризационных к рекомендательным. Геоинформационные технологии, в свою очередь, обеспечивают автоматизацию расчета производных показателей, передачу информации на последующие этапы и преобразование данных для конкретного пользователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Под ред. В.С. Тикунова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 480 с., [8] с ил. (Классический университетский учебник).
2. Информация // Большая Советская Энциклопедия: [в 30 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская Энциклопедия, 1969–1978.
3. *Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.* Современный экономический словарь. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2011.
4. *Свэнтек Ю.В*. Теоретические и прикладные аспекты современной картографии. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 80 с.
5. Словарь финансово-экономических терминов / Под ред. И.З. Ярыгиной, Н.Г. Кондрахиной. М.: Финансовый университет, 2012. 172 с.
6. *Тикунов В.С.* Моделирование в картографии: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1997. 405 с.
7. *Тикунов В.С., Цапук Д.А.* Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: Москва – Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 176 с.

REFERENCES

1. Dictionary of financial and economic terms. Ed. I.Z. Yarygina, N.G. Kondrakhina. M.: Financial University, 2012. 172 p. (in Russian).
2. Geoinformatics: Study. for stud. Universities. Kapralov E.G., Koshkarev A.V., Tikunov V.S., etc.; Under the editorship of V.S. Tikunova. Moscow: publishing center "Academy", 2005. 480 p., [8] p il. (Classical University textbook) (in Russian).
3. Info. The Great Soviet Encyclopedia. Chief editor A.M. Prokhorov. 3rd ed. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1969–1978 (in Russian).
4. *Raizberg B.A., Lozovsky L.Sh., Starodubtseva E.B*. Modern economic dictionary. 6th ed., Rev. and DOP. M.: INFRA-M, 2011 (in Russian).
5. *Sventek Yu.V.* Theoretical and applied aspects of modern cartography. Moscow: Editorial URSS, 1999. 80 p. (in Russian).
6. *Tikunov V.S.* Modeling in cartography: Textbook. Moscow: Moscow State University Publishing house, 1997. 405 p. (in Russian).
7. *Tikunov V.S., Tsapuk D.A*. Sustainable development of territories: cartographic and geographic information support. Moscow – Smolensk: Smolensk State University, 1999. 176 p. (in Russian).

УДК: 528.94

Каргашин П.Е.[1], Новаковский Б.А.[2], Прасолова А.И.[3]

РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНОГО АТЛАСА РЕСУРСОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

АННОТАЦИЯ

Региональный атлас для территории Крымского полуострова призван отразить знания о регионе во всей сложности географических условий, факторов и предпосылок современного состояния и дальнейшего развития энергетики на базе возобновляемых источников. Представление информации и получаемых результатов в виде атласа дает возможность совместного анализа разнородной информации, используемой для изучения отдельных видов возобновляемой энергетики. При разработке содержания карт атласа используются современные научные подходы, преимущественно системный и оценочно-прогнозный. Специфика пространственного размещения наилучшим образом выявляется посредством карт, составляемых в относительно широком диапазоне масштабов и с использованием различных пространственных единиц картографирования. Например, для ветровой энергетики – регулярные сетки и изолинии, для биоэнергетики – единицы административного деления разного уровня и ареалы растениеводства. В качестве материалов при оценке и картографировании используются цифровые модели рельефа (SRTM), доступные данные дистанционного зондирования (Landsat, Sentinel), цифровые карты, картографические веб-ресурсы, а также интернет проекты.

Автоматизация процессов подготовки данных и импорта в базу пространственных данных обусловлена тем, что для изучения потенциала развития возобновляемой энергетики необходима информация за достаточно большой временной период, Подготовка и импорт в базу геоданных осуществлялись на основе написанных на языке Python скриптов, использовались библиотеки arcpy, GDAL, numpy и ряд других. Региональный атлас возобновляемой энергетики для Крымского полуострова включает вводный и три тематических раздела: природные ресурсы возобновляемой энергетики, ресурсы сельского хозяйства для возобновляемой энергетики, факторы развития возобновляемой энергетики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: региональный атлас, возобновляемая энергетика, геоинформационное картографирование, Крымский полуостров.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **p.e.kargashin@mail.ru**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **dcaph@mail.ru**

[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **prasolova.geo@yandex.ru**

Pavel E. Kargashin[1], Boguslav A. Novakovsky[2], Anna I. Prasolova[3]

VISUAL INTERPRETATION OF OIL AND GAS CONDENSATE FIELD FACILITIES FROM LANDSAT IMAGES

ABSTRACT

The article describes the result of investigations aimed at the development of regional atlas. The atlas is intended to reflect knowledge of the Crimean Peninsula, to show the complexity of geographical conditions, factors and prerequisites of a modern state and further development of power engineering on the basis of renewable sources. Atlas is the best way to present heterogeneous information about certain types of renewable energy for further joint analysis. There were used modern scientific approaches, mainly systemic and evaluation-forecast ones to develop the content of the particular maps. The main advance of atlas as a way to show the reality is a possibility to describe the specificity of spatial placement. It is usually shown through maps drawn up in a relatively wide range of scales and using different spatial mapping units. For example, regular grids and isolines are usually used for wind power, it is common to apply units of administrative division of different levels and areas of crop production to map values describing bioenergy. There were also utilized digital elevation models (e. g. SRTM), available remote sensing data (e. g. Landsat, Sentinel), digital maps, web mapping resources, and Internet to evaluate our conclusions and show them via maps.

It was critical for the project to use automatization tools and methods for data preparation and import to geodatabase. There were created several Python scripts to process spatial data, to import source data into geodatabase and calculate the required thematic values. Automatization of workflow is vital for researches dealing with renewable energy because it requires to analyze data for a large time range and manual processing is not efficient. There were used Python libraries arcpy, GDAL, numpy and others. The regional atlas of renewable energy for the Crimean Peninsula includes introduction and three thematic sections: natural resources of renewable energy, agricultural resources for renewable energy, factors of renewable energy development.

KEYWORDS: regional atlas, renewable energy, GIS mapping, Crimean peninsula.

ВВЕДЕНИЕ

Возобновляемая энергетика стала востребованной тематикой атласного картографирования на рубеже XX–XXI вв., и до настоящего времени актуальность этой темы только возрастает. Картографические произведения создаются в традиционном или электронном виде и посвящены преимущественно ресурсам возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на уровне государств или крупных регионов. В качестве лучших примеров можно привести Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России [Атлас..., 2015], Карты и данные по ресурсам ВИЭ (Renewable resources map and data), созданные в Национальной лаборатории ВИЭ США, Атлас возобновляемой энергетики Вермонта [http://www.vtenergyatlas.com], Интерактивные карты солнечной энергетики [http://solargis.info], ГИС ВИЭ [http://gisre.ru/maps], Атлас возобновляемых источников энергии Казахстана [http://energy-atlas.kz/]. Тематика данных и карт представлена различными типами возобновляемых источников: био-

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **p.e.kargashin@mail.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **dcaph@mail.ru**

[3] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **prasolova.geo@yandex.ru**

энергетика, геотермальная энергетика, малая гидроэнергетика, солнечная и ветровая энергетика. Комплексные картографические произведения как в отечественной, так и в зарубежной практике встречаются крайне редко.

Атлас ресурсов возобновляемой энергетики Крымского полуострова создается как комплексное картографическое произведение научно-справочного и прикладного характера, отражающее знания о регионе во всей сложности географических условий, факторов и предпосылок современного состояния и дальнейшего развития энергетики на базе возобновляемых источников. Общеизвестно, что атлас – свод информации и знаний, накопленных к настоящему времени о территории, инструмент исследования, средство разработки стратегий и путей развития региона.

Одной из важнейших функций атласа, на наш взгляд, является возможность повышения общественного и делового интереса к региону, к его изучению, поиску путей, средств и механизмов развития возобновляемой энергетики.

Содержание атласа должно раскрываться в тематических разделах, обеспечивающих полноту охвата картами и другими материалами ключевой проблематики. При разработке содержания отдельных карт, разделов атласа и произведения уместно использовать современные научные подходы, преимущественно системный и оценочно-прогнозный. При этом объекты картографирования и их состояние, а также отношения между ними должны быть осмыслены и представлены в атласе на трех уровнях обобщения: аналитическом (картографирование отдельных показателей, свойств, аспектов в одной системе единиц), комплексном (картографирование взаимосвязанных объектов и явлений или их сочетаний, каждых в своей системе показателей) и синтетическом (картографирование выделенных районов или интегральных объектов с целостными характеристиками).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представление информации и получаемых результатов в картографическом виде дает возможность совместного анализа разнородной информации, используемой для изучения отдельных видов возобновляемой энергетики. Результаты авторских исследований, посвященных ресурсам и потенциалам разных видов возобновляемой энергетики, показали, что каждый имеет свои источники данных. Ниже приведены наиболее типичные примеры, которые не охватывают весь массив информации, обработанный при подготовке атласа.

Для оценки валового потенциала солнечной энергии используются данные реанализа по материалам Европейской организации спутниковой метеорологии [European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites – https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewProduktHome?menuName=PRODUKT_HOME]. Система спутниковой обработки данных EUMETSAT по мониторингу климата (CM SAF) осуществляет мониторинг состояния и изменчивости климата в течение длительного периода времени. Данные CM SAF получают путем измерений со спутников Meteosat и NOAA. В состав определяемых параметров входят данные о характеристиках облачности, альбедо поверхности, потоках радиации на верхней границе атмосферы и на поверхности Земли, температуре атмосферы и т. д. Данные получены с 1983 по 2015 г.; период осреднения – среднемесячные, среднесуточные и среднечасовые; охватывают область ± 65° долготы и ± 65° широты на регулярной сетке 0,05° x 0,05°.

Для оценки валового ветрового потенциала была выбрана методика, описанная в работе [Атлас..., 2015]. В качестве исходных данных для расчетов была использована база данных NASA SSE [https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?skip@larc.nasa.gov]. Эта база данных является открытой и содержит широкий перечень метеорологических и актинометрических величин, полученных с помощью спутниковых методов зондирования атмосферы и последующих модельных расчетов.

При оценке ресурсов и валового потенциала ветровой энергии последовательно для выбранной территории были рассчитаны следующие показатели: плотность энергии ветрового потока – среднемноголетняя мощность воздушной струи, протекающей в единицу времени через поперечное сечение площадью в 1 м^2; удельный валовой потенциал энергии ветра – часть среднемноголетней энергии ветрового потока, которая может быть получена в течение года от идеальной ветроэнергоустановки (далее ВЭУ) в конкретной точке местности; валовой ветроэнергетический потенциал территории – часть среднемноголетней энергии ветрового потока, которая может быть получена на территории в течение года идеальными ВЭУ при условии их максимально плотного равномерного размещения на всей исследуемой территории.

Доступные данные для изучения потенциала биоэнергетики в основном представлены в материалах статистической службы. Данные характеризуют объемы производства отдельных отраслей сельского хозяйства, разделены по типам хозяйств (сельскохозяйственные организации; крестьянские/фермерские хозяйства, хозяйства индивидуальных предпринимателей; хозяйства населения). Работа со статистическими данными дает ценную информацию, но имеет и существенный недостаток. Информация обобщается по единицам административно-территориального деления, а это не позволяет изучить пространственную дифференциацию энергопотенциала.

Нами разработана и тестируется методика, которая позволяет получать более детальную информацию. Она основана на использовании космических снимков для выделения сельскохозяйственных земель и определения именно тех, которые в исследуемый период используются для выращивания культур. Статистические данные применяются для проверки полученных результатов. В рамках эксперимента для юго-западной части Крымского полуострова по серии снимков Landsat-8 было выполнено дешифрирование использования земель, за основу взята классификация LandUse/LandCover. Далее в период с мая по август одного года были вычислены индексные изображения (NDVI). Анализ серии таких изображений позволил выявить те поля, с которых урожай был собран, а согласно сельскохозяйственным справочникам и новостным лентам, сбор зерновых на данной территории выполняется в июне–июле. Резкое уменьшение значения NDVI на летнем изображении по сравнению с майским позволяет определить поля под зерновыми культурами. Для проверки точности полученного результата производилось сравнение со статистической информацией. Отличие от официальных данных составило 1 %.

Далее на основе методических подходов [Андреенко и др., 2014, 2016] рассчитываются объем отходов и энергопотенциал в тоннах условного топлива в год. Расчет и картографирование тематического показателя выполнялись по различным территориальным единицам. В первом варианте, где в качестве единицы картографирования взяты единицы территориального деления, наибольшие значения валового энергетического потенциала сосредоточены на севере и востоке исследуемой территории. Второй вариант, где потенциал показан только для территорий, непосредственно занятых под растениеводство, показал пространственную дифференциацию использования земель административных единиц. Ареал растениеводства не является сплошным; участки с наибольшими значениями сосредоточены узкой полосой на востоке и северо-западе. Третий вариант отражает валовой энергетический потенциал отходов растениеводства непосредственно по ареалам земледелия. Составленные карты показывают, что картографирование исключительно по административным единицам не дает полной картины и скрывает пространственную дифференциацию показателя, и для углубленного исследования ресурсов биоэнергетики уместно привлекать космические снимки и уточнять данные, используя статистику в качестве контроля точности тематической информации.

Важным нам кажется понимание того, что ресурсы и энергопотенциал – это не только статистическая или физическая величина, для их адекватной оценки необходимо учитывать специфику пространственного размещения, определенную неоднородность. Такого рода закономерности наилучшим образом выявляются посредством карт, но при создании карт следует составлять их в относительно широком диапазоне масштабов и использовать различные пространственные единицы картографирования. Например, для ветровой энергетики – регулярные сетки и изолинии, для биоэнергетики – единицы административного деления разного уровня и ареалы растениеводства. С научной и практической точки зрения не менее важно выявление тех территорий, где этот валовой потенциал может быть реализован и «превращен» в технический и экономический.

В качестве материалов при оценке и картографировании используются цифровые модели рельефа (SRTM), доступные данные дистанционного зондирования (Landsat, Sentinel), цифровые карты, картографические веб-ресурсы, а также интернет проекты (OpenStreetMap, Google Earth, Natural Earth, ФГИС ТП и прочие). Как правило, эти данные представлены в широко используемых форматах данных (шейпфайл, GeoTIFF и т. д.), а пространственная локализация зависит от самой информации (дороги линейные, административные единицы – площадные и т. д.).

Автоматизация процессов подготовки данных и импорта в базу геоданных обусловлена тем, что для изучения потенциала развития возобновляемой энергетики необходимы данные за определенный временной период, то есть достаточно больших объемов исходной информации. Подготовка и импорт в базу геоданных осуществлялись на основе написанных на языке Python скриптов, использовались библиотеки arcpy, GDAL, osr, ogr, numpy, NETCDF4, csv, xlrd и ряд других. Преобразование и импорт табличных данных в форматах Excel осуществлялись путем считывания информации в файл формата csv. Далее информация из этого файла локализуется по нужным пространственным объектам. В случае биоэнергетики сопоставление производится по названию административных единиц и результатом является класс пространственных данных, содержащий название административной единицы и показатели для расчета потенциала биоэнергетики. Одновременно выполняется и создание уникального названия для класса пространственных данных.

Более сложной задачей является обработка данных реанализа, особенно тех, которые представлены в формате NetCDF4 (данные CM SAF). Такой формат хранит показатели в многомерных массивах, например, в одном файле может быть до 10 тематических показателей. Каждый показатель описан плановыми координатами, временем, а также может иметь локализацию по высоте. Из всего массива данных необходимо взять только территорию Крымского полуострова. Таким образом, задача заключается в выборе нужной тематической характеристики в пределах заданного экстента. Сложность задачи заключается в том, что обработка только одного файла средствами ArcGIS (Toolbox Multidimensional Tools) занимает более 5 минут. Разработанный скрипт позволяет за то же время обработать более 400 файлов. Результат обработки помещается под уникальным названием в заданные наборы пространственных данных базы геоданных. Эти и ряд других программных решений интегрированы в базу геоданных в виде специального набора инструментов, куда также входят разработанные алгоритмы, направленные на тематическую обработку информации, расчет нужных показателей, согласование контуров.

Тематические инструменты базируются на возможностях ArcToolbox и представляют собой выверенные последовательности применения функций и методов библиотеки arcpy. В качестве примера следует привести расчет NDVI (специальный инструмент ArcGIS появился в более поздней версии), который основан на использовании калькулятора растров. Также написано два скрипта, которые выполняют классификацию факторов, влияющих на размещение

объектов ветроэнергетики, и районирование территории по степени благоприятности. С точки зрения геоинформационных технологий, задача является не очень сложной, но требует подбора конкретных значений и их подстановки в алгоритм. Выполненные работы позволили получить необходимый задел по созданию серии инструментов, использованных при комплексной оценке потенциала развития возобновляемой энергетики территории.

База пространственных данных (БПД) создана и наполняется в рамках работ по созданию атласа в программном продукте ArcGIS. Ключевой подход при формировании БПД – максимальное дробление информации, что в определенной степени соответствует процессу нормализации, описанному в классических работах по реляционным базам данных [Дейт, 2005]. Использованный подход позволяет обращаться к нужному элементу БПД по названию этого элемента, без предварительного анализа его содержания. Это усложняет визуальное изучение содержания созданной БПД, но крайне удобно для автоматизации вычислений и формирования картографических произведений. База данных содержит векторные и растровые данные, а также инструменты для их обработки и совместного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая структура регионального атласа должна включать четыре раздела: вводный и три тематических. Принципиальная структура атласа приведена на рис. 1. Основной масштаб карт атласа – 1 : 1 000 000. Карты динамики отдельных показателей, а также вспомогательные карты разделов составляются в масштабе 1 : 3 000 000. Предполагается включение в атлас крупномасштабных карт (1 : 100 000–1 : 300 000) на отдельные участки.

Вводный раздел раскрывает особенности географического положения Крымского полуострова и содержит 4 карты и геоизображение, составленное из космических снимков, для визуализации географического образа территории. В содержание общегеографической карты входят традиционные элементы: гидрография, населенные пункты, пути сообщения, рельеф, границы растительного покрова, заболоченные территории, географическая сетка. Населенные пункты подразделяются по типам поселений (города, поселки городского типа, сельские поселения) и административному значению (центры единиц административно-территориального деления). Гидрография и транспортная сеть (автомобильные, железные дороги, морские пути, воздушные линии) даются с подробностью, достаточной для отображения внешних и внутренних связей. Карта используется в качестве основного материала для создания всех тематических карт.

Особое внимание уделяется политико-административной карте, которая показывает границы современного административного деления Крымского полуострова, поскольку тематическая информация частично локализована именно по объектам административного деления. Дополнением к карте служат статистические данные о площади Крымского полуострова и единицах административно-территориального значения.

Карта населения характеризует его размещение по территории. Показываются населенные пункты с градацией по количеству жителей. Картограммой дается показатель плотности населения по единицам административного деления. В диаграммах и графиках, дополняющих карту, отображаются показатели динамики численности населения, его естественного и механического прироста.

Экономическая карта дает общее представление о размещении и функционировании отраслей экономики на полуострове, динамике развития основных отраслей. Показываются экономические центры с градацией по объему произведенной продукции и услуг в стоимостном выражении, транспортная инфраструктура, наличие финансовой инфраструктуры. Карта сопровождается диаграммами и графиками, отражающими за последние 5–10 лет динамику объема промышленной и сельскохозяйственной продукции, производства электроэнергии.

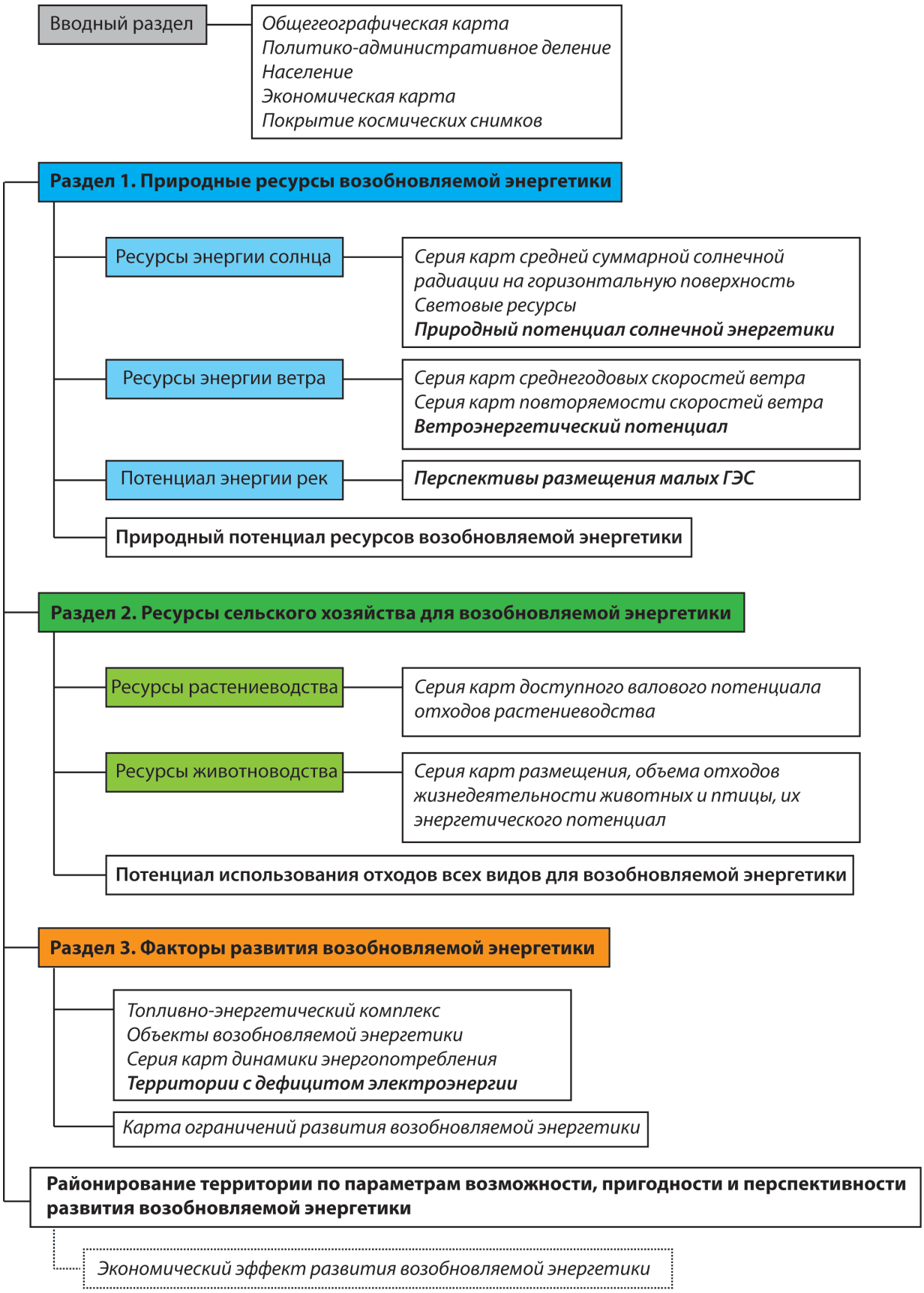


Рис. 1. Структура Атласа ресурсов возобновляемой энергетики Крымского полуострова
Fig. 1. The structure of the Atlas of renewable energy resources of the Crimean Peninsula

Первый тематический раздел посвящен природным ресурсам возобновляемой энергетики и структурирован по источникам возобновляемой энергетики. Ресурсы энергии солнца отображаются в виде серии карт средней суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (кВтч/м^2 в день): среднегодовая и отдельно за теплый сезон года. Также в подразделе характеризуются световые ресурсы территории и отображается способом изолиний общее среднее число дней без солнца за год. На карте по пунктам наблюдений также показываются наибольшее и наименьшее число дней без солнца (за год) за период наблюдений и локализованными диаграммами – годовой ход (по месяцам) среднего числа дней без солнца. Завершающая подраздел карта – природный потенциал солнечной энергетики – показывает дифференциацию территорий с благоприятными и неблагоприятными условиями для развития солнечной энергетики.

Ресурсы энергии ветра предполагается дать серией карт среднегодовых скоростей ветра способом изолиний, которая показывает распределение скоростей (в м/с) в среднем за год и по сезонам года на высоте 50 м. Среднегодовые карты дополняются диаграммами («розами ветров») распределения сильных ветров по направлениям за год. Также в подразделе важное место занимает серия аналитических карт повторяемости скоростей ветра менее 3 м/с и более 24 м/с (в % от числа дней в году). Карта ветроэнергетического потенциала дает оценку территорий, перспективных с точки зрения размещения ветроэнергетических установок (рис. 2). Карта потенциала энергии рек способом линейных знаков отображает участки водотоков, перспективные с точки зрения размещения малых ГЭС.

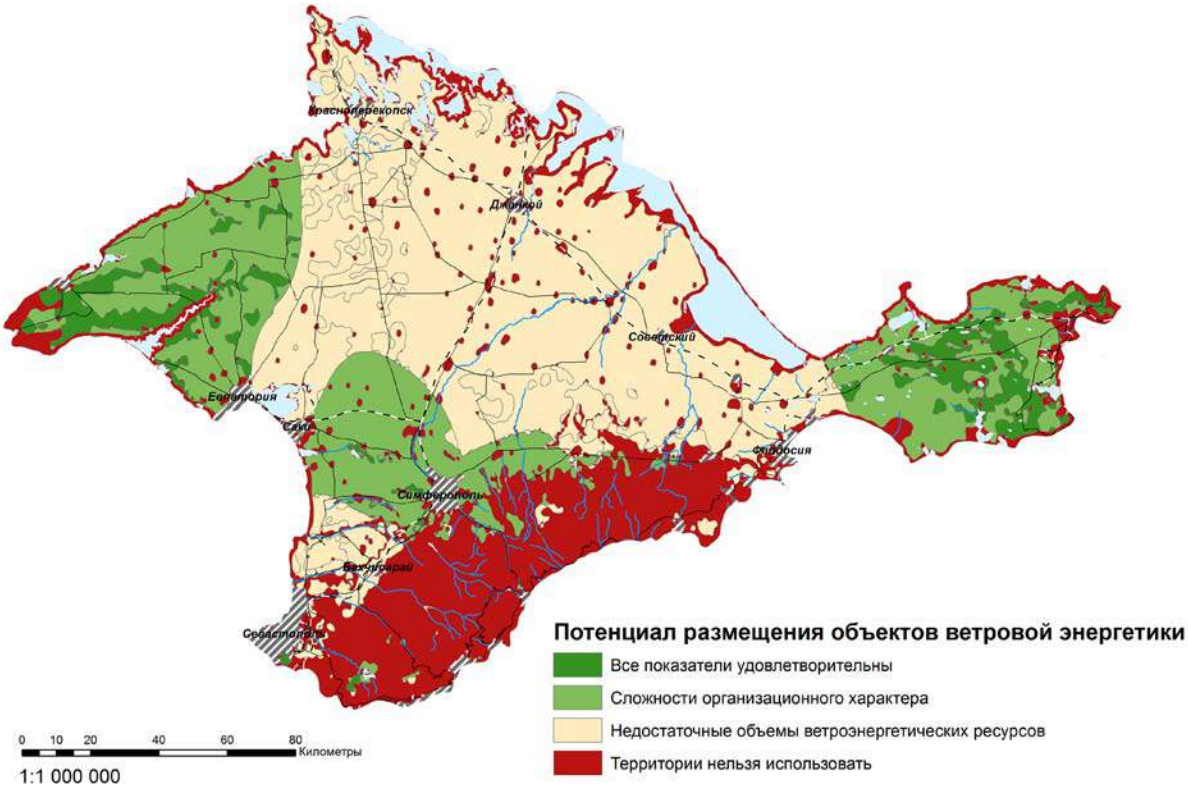


Рис. 2. Перспективные участки для строительства ВЭС и их валовый потенциал (полученные по результатам обработки данных с метеостанций; составлено С.С. Филиным под руководством П.Е. Каргашина, с дополнениями авторов)
Fig. 2. Prospective sites for the construction of wind farms and their gross potential (obtained from the processing of data from weather stations; compiled by S.S. Filin under the direction of P.E. Kargashin, with additions by the authors)

Важным звеном исследования является идея об оценке потенциала территории для развития возобновляемой энергетики. В этом аспекте необходимо рассматривать потенциал солнечной, ветровой, био- и гидроэнергетики не отдельно, а в комплексе, что позволит не только определять перспективные территории, но также и выбирать оптимальные виды энергетики или их сочетания.

Поэтому завершает первый раздел синтетическая карта – природный потенциал ресурсов возобновляемой энергетики, соединяющая районирование территории по всем видам природных ресурсов энергетики: солнечной, ветровой и энергии рек.

Второй тематический раздел посвящен ресурсам сельского хозяйства для возобновляемой энергетики. Карта растениеводства отражает структуру сельскохозяйственного использования земель: пахотные земли, естественные кормовые угодья, пастбища и их сочетания. Серия карт доступного валового потенциала отходов растениеводства показывает способом уточненной картодиаграммы потенциал органических отходов, образующихся в производственном секторе сельского хозяйства – в сельскохозяйственных организациях и крестьянско-фермерских хозяйствах, кроме отходов хозяйств населения. Серия отображает объемы производства и образующиеся при этом отходы следующих растительных культур: зерновые, подсолнечник и виноград. Ресурсы животноводства представлены двумя картами, первая из которых показывает точечным способом размещение поголовья скота и объем отходов жизнедеятельности животных, вторая – размещение птицефабрик и энергетический потенциал образующихся на них отходов. Завершающая раздел карта показывает районирование территории полуострова по потенциалу использования отходов всех видов для возобновляемой энергетики.

Представляющий наибольший с картографической точки зрения интерес третий раздел посвящен факторам развития возобновляемой энергетики. Прежде всего, при выборе территорий, оптимальных для размещения объектов возобновляемой энергетики, необходима оценка существующего топливно-энергетического комплекса. Поэтому первая карта раздела показывает размещение всех действующих и строящихся электростанций и линий электропередач, что позволяет выявить энергообеспеченные территории. Подробное отображение сети линий электропередач необходимо для определения экономической целесообразности передачи электроэнергии, поскольку размещение объектов возобновляемой энергетики при внедрении их в общую сеть при удалении от путей на 25–30 км считается экономически неоправданным.

На карте объектов возобновляемой энергетики показываются действующие, строящиеся и проектируемые солнечные, солнечно-ветровые, ветровые и геотермальные электростанции на территории Крымского полуострова с подробными характеристиками. Карта динамики энергопотребления по муниципальным образованиям показывает рост или снижение потребления электроэнергии в целом для единицы административного деления и в расчете на душу населения за последние годы. Карта территорий с дефицитом электроэнергии составляется путем синтеза информации трех предыдущих карт раздела, а также карт вводного раздела (населения и экономической). Для анализа ограничений развития возобновляемой энергетики на отдельной карте отображаются территории, где строительство электростанций запрещено или сопряжено с высоким риском: особо охраняемые природные территории, высокогорья, районы с развитой инфраструктурой туризма и пр.

Итоговая карта атласа аккумулирует всю представленную в нем информацию и представляет собой классификацию территории по параметрам возможности, пригодности и перспективности развития возобновляемой энергетики.

Предполагается, что завершать атлас будет карта прикладного характера – экономический эффект развития возобновляемой энергетики, где в качестве показателя экономической эффективности используются значения минимальной, средней и максимальной нормируемой себестоимости электрической энергии, вырабатываемой различными видами электростанций.

Технологические аспекты создания и оформления карт атласа находятся в стадии согласования, также обсуждаются возможности публикации. Электронная версия атласа может быть представлена в разных формах, как в виде простой визуализации растровых карт, так и в виде интерактивной версии с возможностями пространственного анализа данных. В современной картографии опыт разработки региональных электронных атласов достаточно разнообразен. В качестве примеров можно привести атласные информационные системы управления природопользованием в Байкальском регионе [Тикунов, Яблоков, 2013], Азиатской России [Батуев и др., 2015], «Большого Алтая» [Ефремов, Ротанова, 2017], опасными гидрометеорологическими явлениями Уральского Прикамья [Пьянков и др., 2017]. В любом случае сбор и обобщение материала в виде базы пространственных данных обеспечит как подготовку карт и всего атласа для печати, так и для интернет-представления.

ВЫВОДЫ

На региональном уровне особенно важна оценочная информация о перспективности разных участков для развития возобновляемой энергетики. Выявлено, что значительная часть территорий, которые имеют достаточные значения валового потенциала, в действительности не может быть использована. Таким образом, при изучении возобновляемой энергетики на региональном уровне важно не только выполнить работы по стандартной схеме: валовой потенциал – технический потенциал – экономический потенциал, но и учесть географические особенности территории, а оценку технического и экономического потенциала выполнять не для всей исследуемой территории, а только для тех участков, где его можно реализовать.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 16-05-01015_а.

ACKNOWLEDGEMENTS

The reported study was funded by RFBR according to the research No 16-05-01015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреенко Т.И., Киселёва С.В., Рафикова Ю.Ю.* Оценка энергетического потенциала отходов растениеводства Крымского Федерального округа // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 5 (20). С. 449–455.

2. *Андреенко Т.И., Киселева С.В., Шакун В.П.* К оценке энергетического потенциала отходов растениеводства: зерновое хозяйство // Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 12. С. 84–95.

3. Атлас ресурсов возобновляемой энергетики на территории России. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. 160 с.

4. *Батуев А.Р., Ермошин В.В., Конева И.В., Лопаткин Д.А., Петрищев В.П.* Азиатская Россия: от серии карт к атласной информационной системе // Атласное картографирование: традиции и инновации: Материалы X научн. конф. по тематической картографии. Иркутск, 2015. С. 5–8.

5. *Дейт К.* Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1328 с.
6. *Ефремов Г.А., Ротанова И.Н.* Атласное геоинформационное картографирование и его реализация на примере атласа «Большой Алтай: природа, история, культура» / В сб. «Вопросы географии. Сб. 144: Картография в цифровую эпоху» / Отв. ред. В.М. Котляков. М.: Изд. дом «Кодекс», 2017. С. 98–121.
7. *Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К.* Современные методы и технологии в тематическом атласном картографировании (на примере АИС «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья) / В сб. «Вопросы географии. Сб. 144: Картография в цифровую эпоху» / Отв. ред. В.М. Котляков [и др.]. М.: Изд. дом «Кодекс», 2017. С. 208–226.
8. *Тикунов В.С., Яблоков В.М.* Атласная информационная система для Байкальского региона // ИнтерКарто/ИнтерГИС: Материалы Междунар. конф. 2013. Т. 1 (19). С. 197–202.

REFERENCES

1. *Andreenko T.I., Kiselyova S.V., Rafikova Yu.Yu.* Evaluation of the energy potential of waste of plant industry of the Crimean Federal district Innovation in agriculture. 2016. No 5 (20). P. 449–455 (in Russian).
2. *Andreenko T.I., Kiseleva S.V., Shakun V.P.* To assessing the energy potential of waste from crop: grain farming. Alternative energy and ecology. 2014. No 12. P. 84–95 (in Russian).
3. Atlas of renewable energy resources in Russia. M. RKhTU named after D.I. Mendeleev, 2015. 160 p. (in Russian).
4. *Batuev A.R., Ermoshin V.V., Koneva I.V., Lopatkin D.A., Petrischev V.P.* Asian Russia: from the map series to the Atlas information system // Atlas mapping: tradition and innovation. Proceedings of the X scientific conference on thematic cartography. Irkutsk, 2015. P. 5–8 (in Russian).
5. *Deit K.* Introduction to database systems. 8th edition. M.: Williams, 2005. P. 1328 (in Russian).
6. *Efremov G.A., Rotanova I.N.* Atlas geoinformation mapping and its implementation on the example of the Atlas "Big Altai: nature, history, culture". In "Geography issues. SB. 144: Cartography in the digital age" / Edited by V.M. Kotlyakov. M.: Publishing house "Kodeks", 2017. P. 98–121 (in Russian).
7. *Pyankov S.V., Shikhov A.N., Abdullin R.K.* Modern methods and technologies in thematic Atlas mapping (on the example of AIS "Dangerous hydrometeorological phenomena of the Ural Kama region)" / In "Geography issues. SB. 144: Cartography in the digital age" / Edited by V.M. Kotlyakov. M.: Publishing house "Kodeks", 2017. P. 208–226 (in Russian).
8. *Tikunov V.S., Yablokov V.M.* Atlas information system for the Baikal region. InterCarto/ InterGIS: Proceedings of the international conference 2013. T. 1 (19). P. 197–202 (in Russian).

УДК: 330.15: 338.49 (470.22)

Прокопьев Е.А.[1], Крутских Н.В.[2], Рязанцев П.А.[3], Рослякова Н.А.[4]

СБОР ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТА НА ЭКОНОМИКУ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ)

АННОТАЦИЯ

Лесные ресурсы приобретают экономическую значимость при условии их транспортной доступности для лесозаготовителей. Специфика лесозаготовок в России предполагает работу в труднодоступных районах с применением в зимнее время снежно-ледяных дорог (зимников), и Республика Карелия не является исключением. Из-за глобального потепления климата происходит сокращение сроков их использования, в этой связи оценка экономической значимости подобной сезонной транспортной инфраструктуры представляется важной и актуальной. Научная новизна поставленной задачи состоит в развитии междисциплинарного подхода по направлению влияния изменения климата на российскую экономику путем включения в него проблематики функционирования зимников.

В статье предложен подход использования данных дистанционного зондирования Земли для улучшения моделей влияния глобального потепления на объемы вывозки древесины по зимникам. Идентификация рубок с помощью обработки космических снимков предоставляет возможность перейти от построения математических моделей по пяти климатическим зонам, превышающим сотни квадратных километров, к сети регулярных значений размером 10 × 10 км. Выявление мест лесозаготовок осуществлялось с помощью методов наблюдения за изменениями спектральных характеристик до и после рубки в программном комплексе ArcGis 9.3. Для определения сроков работы зимников в программном обеспечении Surfer 11 по данным двадцати двух метеостанций строились ежедневные карты погодных условий, пригодных для эксплуатации зимников. Сопоставление двух карт позволяет уточнить сроки работы зимника для каждой конкретной делянки. Подход был опробован на территории Заонежского полуострова.

Практика показала, что высокая трудоемкость обработки данных, низкое качество разрешения имеющихся в открытом доступе космических снимков за предыдущие годы вкупе с высоким уровнем облачности на территории Карелии в осенне-зимний период затрудняют применение данного подхода в масштабах всего региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глобальное потепление, лесозаготовки, зимники, снежно-ледяные дороги, транспортная инфраструктура.

---

[1] Институт экономики КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, 50, 185030, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **e_prokopiev@mail.ru**

[2] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **natkrut@gmail.com**

[3] Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», ул. Пушкинская, 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **priazantsev@krc.karelia.ru**

[4] Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, ул. Профсоюзная, д. 65, 117997, Москва, Россия, *e-mail:* **roslyakovana@gmail.com**

Egor A. Prokopyev[1], Natalya V. Krutskih[2], Pavel A. Ryazantsev[3], Natalya A. Roslyakova[4]

DATA MINING FOR MODELING THE CLIMATE INFLUENCE ON THE ECONOMY (IN THE CASE OF LOGGING IN THE REPUBLIC OF KARELIA)

ABSTRACT

The contributions of the forest income to the economy is possible if it is provided with the transport accessibility to loggers. Loggers in Russia face the challenge of working in hard-to-reach areas with the use of snow-ice roads in the winter time, and the Republic of Karelia is no exception. However, the climate change is threatening the seasonal transportation infrastructure leading to economic challenges that will only worsen as warmer temperatures further reduce winter road access. The scientific novelty of this problem is to develop an interdisciplinary approach to analyze the impact of climate change on the Russian economy by including the problem of the functioning of winter roads in it.

The paper proposes an approach for using satellite observation data (Landsat 8) Earth remote sensing data to improve the models of global warming influence on the volumes of timber removal by winter roads. Identification of felling with the help of space images processing provides an opportunity to move from the construction of mathematical models to five climatic zones exceeding hundreds of square kilometers to a gridding system (10 × 10 km). Identification of logging sites was carried out using methods to monitor changes in spectral characteristics before and after logging in the ArcGis 9.3 software package. To determine the terms of winter work in the software Surfer 11, based on the data of twenty two weather stations, daily weather maps were constructed, suitable for the operation of winter roads. Comparison of the two maps allows you to specify the duration of the winter road for each specific plot. The approach was tested on the territory of the Zaonezhsky Peninsula.

The practice has shown that the high laboriousness of data processing, the poor quality of resolution of space images available in open access for previous years, coupled with the high level of cloudiness in the territory of Karelia during the autumn-winter period make this approach difficult to apply throughout the region.

KEYWORDS: global warming, logging, winter roads, ice roads, transport infrastructure.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное потепление оказывает прямое или косвенное влияние на работу многих отраслей экономики по всему миру, и отечественный лесной сектор не является исключением. В контексте изменения климата в лесном секторе основное внимание исследователей обращено на учащающиеся случаи лесных пожаров, оценку их последствий и выработку эффективных способов ведения лесного хозяйства для борьбы с ними [Wimberly, Liu, 2014; Lee et al., 2015; Gaudreau et al., 2016; Davis et al., 2017]. Так же глобальное потепление вызывает опасения у исследователей в связи с распростране-

[1] Institute of Economics of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, A. Nevsky pr., 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **e_prokopiev@mail.ru**

[2] Institute of Geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **natkrut@gmail.com**

[3] Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **priazantsev@krc.karelia.ru**

[4] V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Profsoyuznaya str., 65, 117997, Moscow, Russia, *e-mail:* **roslyakovana@gmail.com**

нием теплолюбивых лесных вредителей и болезней на лесные участки с породным составом деревьев, не обладающих выработанными защитными механизмами [Kirilenko, Sedjo, 2007]. Помимо отрицательных последствий исследователи отмечают и наличие положительных эффектов потепления климата: оно способствует росту продуктивности бореальных (таежных) лесов [Wang et al., 2013; Sohngen, Tian, 2016]. Попытка соединить вместе перечисленные эффекты для прогнозирования последствий изменения климата была предпринята в работе исследователей из университета Западной Виргинии, посвященной центральным лиственным лесам США [Ma et al., 2016]. В разработанную модель вошли факторы, отражающие характеристики породного состава и естественного прироста древесины, плотность населения, лесные пожары, температуру и осадки, в качестве зависимой переменной используется запас леса на корню. Исследователи приходят к выводу о том, что потепление климата приведет к сокращению запасов данных лесов и ухудшению породного состава, в результате этих процессов стоимость текущих запасов леса на корню сократится с 1,3 трлн до 529–599 млрд долл. (в ценах 2015 г.) в течение следующих девяноста лет [Ma et al., 2016]. Следует заметить, что вопросы заготовки древесины для лесной промышленности и хозяйственных нужд остаются за рамками данного исследования.

Однако было бы необъективным полагать, что к влиянию климата на лесной сектор можно подходить только с позиции определения будущих запасов за счет увеличения годовых приростов древесины и сокращения за счет потерь от лесных пожаров. Поскольку лесные ресурсы становятся вовлеченными в хозяйственную деятельность только при условии их транспортной доступности, дать полную оценку влияния климатических изменений на лесной сектор невозможно без включения в нее транспортной составляющей. Применительно к России здесь мы сталкиваемся с основной проблемой всего отечественного лесного сектора – с низкой обеспеченностью лесными дорогами круглогодичного пользования. Поэтому в качестве альтернатив транспортной инфраструктуры круглогодичного пользования лесозаготовители в летний период используют русла рек для плотового и молевого сплава древесины, а в зимний период – снежно-ледяные автодороги («зимники»).

Данная сезонная транспортная инфраструктура способствует снижению издержек за счет экономии на строительстве и поддержания в порядке лесовозных дорог круглогодичного пользования в труднодоступных и удаленных районах. В случае с водным сплавом обеспечивается еще и значительная экономия на топливе, превышающая потери древесины во время такой транспортировки. Логично предположить, что использование подобной временной транспортной инфраструктуры делает лесозаготовителей зависимыми от протяженности сезона, определяемого погодными условиями. Тем самым лесозаготовители становятся в большей степени чувствительными к климатическим изменениям. Заметим, что в отечественной научной литературе вопросу функционирования сезонной транспортной инфраструктуры в летний период под действием глобального потепления (увеличение сроков навигации речного транспорта [Смолина, 2009] и безледокольного плавания по Северному морскому пути [Комков и др., 2016]) уделяется значительное внимание. В Республике Карелия речная система в основном пригодна для молевого сплава, чем пользовались лесозаготовители в советские годы, однако в настоящее время данный вид сплава запрещен. И потенциальное увеличение сроков использования рек из-за глобального потепления для транспортировки древесины в силу законодательных ограничений не приведет к увеличению объемов доступной древесины и сокращению транспортных издержек.

Нельзя сказать, что проблема сокращения сроков эксплуатации зимников под действием глобального потепления ускользнула от внимания отечественных исследователей.

По прогнозам Росгидромета[1], через тридцать два года ожидается сокращение территории России, на которой экономически целесообразно эксплуатировать зимники, на один млн км^2. Другие немногочисленные отечественные работы по тематике «зимники в условиях изменения климата» касаются именно лесного сектора [Шегельман и др., 2007; Щёголева и др., 2008; Goltsev, Lopatin, 2013; Чугункова, 2016]. Детальной проработкой отличаются исследования по Республике Карелия и Ленинградской области, поскольку в этих регионах лесозаготовители столкнулись с климатическими аномалиями, вызванными потеплением климата. Так, в Карелии начиная с 1989 г. наблюдается устойчивое превышение нормы средней годовой температуры воздуха на 1–2 °С, которое не происходило монотонно [Назарова, 2014]: значительно повысилась температура зимних месяцев, а наибольшее потепление оказалось характерно для марта, т. е. именно в период зимнего освоения лесного фонда. В исследованиях данной проблемы на территории Карелии авторы концентрировали свое внимание на сроках функционирования разных типов зимников и рассчитывали возможные объемы заготовки древесины на определенном участке с учетом производительности конкретных видов лесозаготовительных машин [Шегельман и др., 2007; Щёголева и др., 2008]. В исследовании по Ленинградской области [Goltsev, Lopatin, 2013] применялась отличная от предыдущего исследования методика расчета сроков эксплуатации зимника, а потенциальный объем древесины, который можно вывозить только по зимникам, определялся при помощи ГИС-технологий через характеристики местности и лесов (породный состав; возраст; естественный прирост; запасы леса на корню).

Несмотря на приведенные выше исследования, можно констатировать, что вопрос оценки именно экономических потерь из-за глобального потепления применительно к работе зимников как отдельно для лесного сектора, так и для отечественной экономики в целом остается слабоизученным. В отечественной литературе не были найдены ответы на следующие взаимосвязанные вопросы: какой объем грузов перевозится по построенным зимникам и какие альтернативные издержки понесут субъекты экономической деятельности в случае отказа или сокращения их сроков использования. Перечисленные показатели оценки экономической эффективности работы зимника были заимствованы из работ канадских исследователей [Lonergan et al., 1993; Prowse et al., 2009; Mullan et al., 2017]. В одной из ранних работ по данной тематике [Lonergan et al., 1993] предлагается проводить оценку с помощью двух параметров: физического объема перевезенных грузов и их стоимости. Например, по проложенной на 85 % по озерному льду зимней дороге Тиббит – Контвойто для обслуживания алмазных рудников ежегодно перемещается товаров на сумму около 500 млн долл. [Mullan et al., 2017]. Сокращение привычных сроков эксплуатации зимников приводит к росту затрат на производство, росту стоимости товаров первой необходимости, снижению доступности услуг и увеличению социальной напряженности. Таким образом, для определения экономической значимости зимников в Карелии необходимо прежде всего решить задачу по определению вклада в грузоперевозки одного дня работы зимника, выраженного в виде физического объема вывезенной древесины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поставленная задача предполагает построение математических моделей, где определяемой переменной является объем вывозки древесины (или объем ее заготовки), а в качестве предикторов используются количество дней работы зимника и широкий перечень показателей, отражающий состояние лесозаготовительных предприятий, объем ресурсов и характеристи-

[1] Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [Электронный ресурс] / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ). Электрон. дан. URL: http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2015/od2.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: 15.03.2017).

ки территории. Ключевыми данными для нашего исследования являются сведения об объемах вывозки древесины и климатические показатели (среднесуточная температура и высота снежного покрова). Источником первых стали публикации в газете «Лесная Карелия»[1] данных по ежемесячному объему вывозки древесины[2] по наиболее значимым предприятиям отрасли, география которых охватывает практически все муниципальные районы Карелии. Сравнение полученных данных с официальной статистикой показало, что в публикуемом массиве показателей работы лесозаготовительных предприятий отражено не менее двух третей промышленного объема вывозки древесины в Карелии. Климатические показатели были получены из общедоступной базы данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации[3]; в открытом доступе представлена информация по семи карельским метеостанциям. Остальные данные были собраны с помощью специализированных статистических сборников по лесному сектору и муниципальным районам республики.

Для определения количества дней эксплуатации зимников были взяты технические параметры, предложенные в работах исследователей из ПетрГУ [Щёголева и др., 2008]: для начала строительства зимника необходимы высота снежного покрова не менее 10 см и накопленная сумма отрицательных температур после перехода через 0 °С от –100 до –130 °С; окончание вывозки различается от типа используемого зимника (для снежно-ледяных – от –2,7 до –1,8 °С, для ледяных – от +1 до +2 °С). После определения даты начала эксплуатации зимника и даты его разрушения для каждого месяца на полученном временном отрезке подсчитывается количество дней работы зимника. В качестве дней эксплуатации зимника не учитываются дни со среднесуточной температурой ниже –30 °С (практика показывает, что в сильные морозы лесозаготовители не работают), Новый год и дни оттепелей (предполагается, что в этот короткий промежуток времени зимник не исчезает, но перестает использоваться).

Для проверки гипотезы о наличии зависимости между объемами вывозки древесины и количеством дней работы зимников были построены модели по Республике Карелия в целом [Прокопьев и др., 2017]. В результате было выявлено, что один день работы зимника в Карелии прибавляет к месячной вывозке от 7,89 до 9,86 тыс. м^3. Следующим этапом исследования стали расчеты по климатическим зонам Республики Карелия. Для этого использовались модели панельных данных с фиксированными эффектами. Наша первоначальная гипотеза предполагала деление Карелии на четыре климатические зоны (северную, среднюю, юго-западную и юго-восточную с центрами в Калевале, Паданах, Петрозаводске и Сортавале, соответственно), для которых были доступны отечественные метеоданные. Кроме того, эти зоны были сформированы по административным границам муниципальных районов, поскольку большинство располагаемых данных привязано именно к административным границам. Но построенные по четырем зонам модели показали плохие статистические характеристики. Представленное в Атласе Карельской АССР климатическое деление показало необходимость выделения отдельной климатической зоны вдоль Ладожского озера. Поэтому помимо отечественных метеоданных были использованы данные Финского метеорологического института[4]. Полученные в результате такого деления модели продемонстрировали хорошие статистические характеристики и позволили перейти к анализу неучтенных факторов с помощью методов непараметрической статистики.

---

[1] Отраслевое издание Союза лесопромышленников и лесоэкспортеров Республики Карелия.

[2] С 2010 г. по настоящее время публикуются данные об объемах заготовки древесины.

[3] Автоматизированная информационная система обработки режимной информации [Электронный ресурс] / ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». URL: http://meteo.ru/it/178-aisori, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: 15.03.2017).

[4] Open data sets [Электронный ресурс] / Finnish Meteorological Institute. URL: http://en.ilmatieteenlaitos.fi/open-data-sets-available, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 15.03.2017).

Следует признать, что используемое деление по климатическим зонам хотя и позволило решить поставленные задачи, всё же неидеально. И было бы ошибкой пренебрегать возможностью улучшить полученные модели за счет более точного позиционирования мест рубок и определения даты работы зимника для конкретной делянки. Основной сложностью при построении моделей по климатическим зонам было определение объемов вывозки древесины по отдельно взятому предприятию в каждой конкретной зоне. До 2004 г. распределение предприятий по выбранным климатическим зонам осуществлялось по названию, которое в себе содержало наименование населенного пункта (Кондопожское ЛПХ, Пудожпромлес). После 2004 г. в лесном секторе Карелии начинается активный процесс вхождения местных предприятий в холдинговые структуры, в результате которого данные по вывозке древесины начинают предоставляться только по всей организации в целом. Кроме того, появляются новые компании, из названия и места регистрации которых непонятно, где они ведут заготовки. С 2011 г. в Карелии публикуются карты арендаторов лесного фонда, на которых указаны площади лесов всех лесозаготовительных компаний. Принимая во внимание особенности российского законодательства (леса предоставляются в долгосрочную аренду сроком до сорока девяти лет), было сделано предположение, что основные лесозаготовительные предприятия за 2004–2009 гг. осуществляли заготовку древесины в рамках границ, представленных на карте 2011 г. Однако для будущих исследований видятся дополнительные возможности улучшения качества данных.

Сопоставление карт арендаторов лесного фонда с космическими снимками дает возможность точно определить территории, на которых происходила вырубка древесины, что позволяет уточнить данные об окружающей территории (заболоченности, преобладающих почвах, густоте дорожной сети), подключая дополнительно соответствующие карты. И самое главное – привязать публикуемые объемы заготовки к конкретной территории. А для каждой из этих территорий можно определить сроки функционирования зимника с помощью построения карт распространения погодных условий, пригодных для начала эксплуатации зимника и его разрушения. Подобные карты можно построить на каждый день зимнего освоения лесного фонда на основе данных с приграничных финских метеостанций (восемь станций), а также отечественных станций (четырнадцать станций), расположенных как на территории Карелии, так и вокруг нее (рис. 1).

Для создания регулярной сети значений размером 10 × 10 км использовалась интерполяция методом кригинга (регрессия на основе гауссовских процессов) в программном обеспечении Surfer 11. Применение такого подхода позволяет предсказать промежуточные значения температуры и мощности снежного покрова для всей площади республики и привязать их к единой системе координат с другими геоданными.

Подчеркнем, что для самого обнаружения лесных рубок существуют различные методики. Так, в работе [Никитина Ю., Никитин В., 2010] предлагается методика автоматизированного дешифрирования вырубок по разновременным космическим снимкам, где для повышения качества выявления изменений лесных территорий по многозональным снимкам предлагается использование первого канала изображения, полученного методом главных. Данный метод предполагает выделение изменений на односезонных снимках. Для мониторинга лесных рубок также используют методы на основе кривых отражательной способности лесных насаждений и кустарников [Казарян, Шахраманьян, 2015]. Метод автоматизированного мониторинга рубок на основе синтеза разновременных изображений описан для программного комплекса ENVI [Ялдыгина, 2011]. На синтезированном изображении измененные участки отображаются яркими цветами. В связи с необходимостью решения задачи по выявлению рубок за зимний сезон использовались методы наблюдения за изменениями спектральных характеристик до и после рубки.

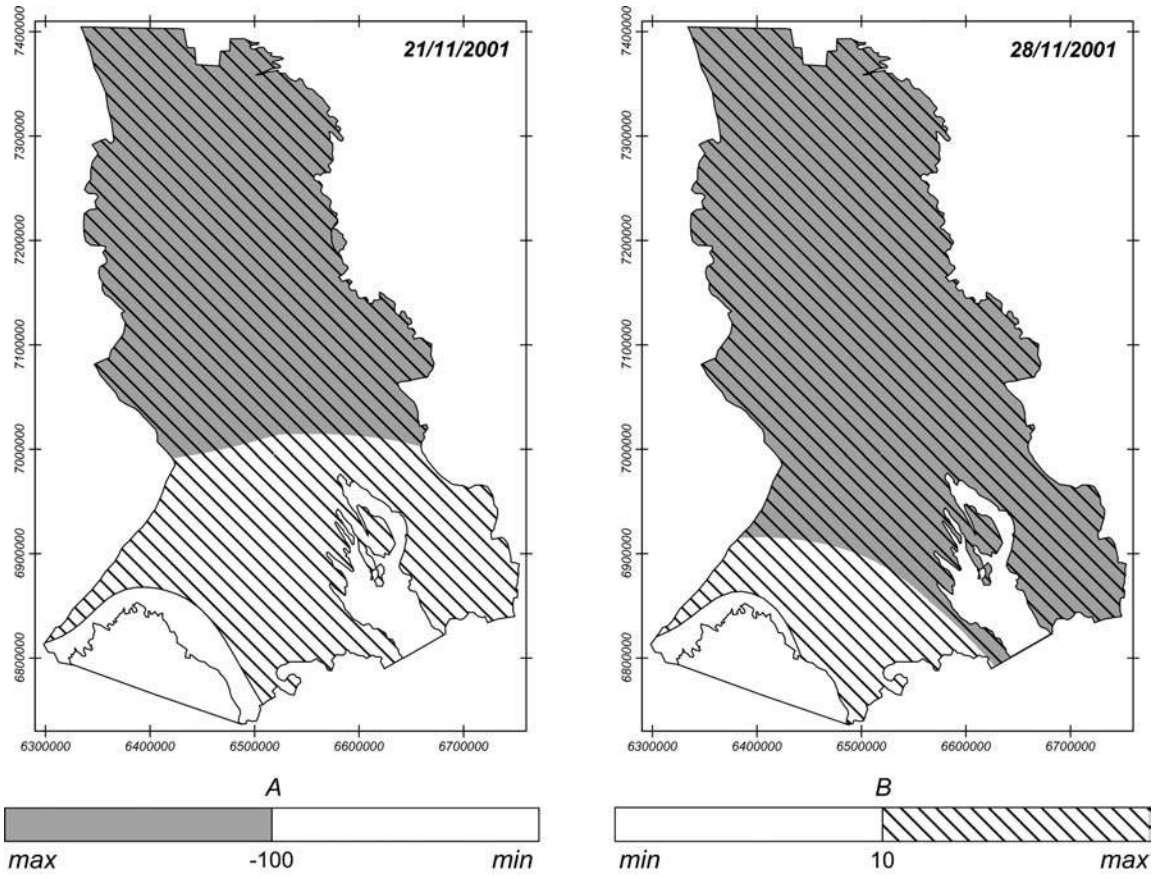


Рис. 1. Пространственное распространение условий, пригодных
для начала эксплуатации зимника:
А – сумма накопленных отрицательных температур (°С), В – высота снежного покрова (см)

Fig. 1. Spatial enlargement of suitable conditions for the winter road construction:
A – accumulated amount of negative temperatures (°C), B – height of snow cover (cm)

Территория для проведения экспериментальных расчетов была выбрана исходя из положений о достаточном количестве рубок арендатором. В этом качестве рассматриваются лесные площади на Заонежском полуострове, арендуемые ООО «Северзаготовка». Арендатор использует три компактно расположенных участка суммарной площадью около 400 км^2.

На первом этапе выявления рубок подобраны космоснимки Landsat 8 с низкой облачностью. В связи с метеорологическими условиями и климатом Карелии, определяющими высокий уровень облачности в осенне-зимний период, начальная дата расчетов приходится на конец августа, так как наиболее подходящим является снимок от 19.08.2015 г. По снимку Landsat 8 от 24 мая 2016 г. фиксируются изменения, произошедшие за этот период. Для уменьшения влияния атмосферы проводится радиометрическая калибровка каналов рассматриваемых снимков. Геометрическая коррекция снимков не проводилась, снимки взяты из коллекции Level-1, где георегистрация согласована в пределах установленных допусков. Все операции и обработка со снимков проведены в программном комплексе ArcGis 9.3.

Для выявления рубок используется алгоритм деления значений яркости каждого пикселя панхроматического канала одного снимка на другой. Использование панхроматического канала оправданно в связи с высоким пространственным разрешением. Тер-

ритории, где яркость в панхроматическом канале позднего снимка увеличилась более чем в 1,8 раза, классифицируются как свежие вырубки. Далее выполняются векторизация выявленных областей и сохранение в shp-файлы. На следующем этапе проводится визуальная заверка полученных изменений по причине возможного попадания облаков в подобные области. Данный подход правомерен в связи с использованием снимков, сделанных в вегетационный период, хотя и не в один сезон. При использовании разносезонных снимков возможно проведение контролируемой классификации с выявлением рубок и последующее наложение и визуальное сравнение двух изображений.

Для определения мест вырубок, которые доступны только при использовании зимников, необходимо отразить существующую дорожную сеть и болота. Предположительно для таких участков характерны удаленность от существующей транспортной инфраструктуры и окружение болотами. Для определения заболоченных территорий использовались индексные отношения. Так, различные спектральные индексы позволяют более достоверно интерпретировать информацию со снимков. Проведение контролируемой классификации с выделением болотных массивов не дало полной информации в связи с отсутствием заверенных полевых данных. Наиболее конкретно трассирует заболоченные территории коэффициент оксида железа, представляющий собой отношение яркости в красном и синем каналах мультиспектрального снимка [Segal, 1982]. В кислых глеевых водах в условиях восстановительной обстановки железо и марганец находятся в виде катионов Fe^{+2} и Mn^{+}. При смене обстановки на окислительную, т. е. при выходе на поверхность, катионы железа и марганца окисляются с образованием нерастворимых в воде гидроксидов, что и фиксируется повышенными значениями спектрального индекса (Red/Blue). Таким образом, высокие значения данного индекса можно использовать при выявлении заболоченных участков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате была получена карта заготовки леса на территории Заонежского полуострова с августа 2015 г. по май 2016 г. (рис. 2). Обращает на себя внимание следующая естественная закономерность: большинство выявленных рубок находятся в непосредственной близи от действующей круглогодично дорожной инфраструктуры. Только для лесозаготовок на северо-востоке полуострова, выделенных пунктиром, могли быть задействованы зимники.

Полученные данные позволяют улучшить сроки определения возможной эксплуатации зимников и параметры данных, используемых в моделях непараметрической статистики по уровню транспортной доступности с учетом заболоченности территорий. Вместе с тем возникают проблемы, относящиеся к привязке объемов заготовки древесины к выявленным местам рубок. В первую очередь это связано с высоким уровнем облачности на территории Республики Карелия, которая напрямую влияет на частоту получения качественных снимков. В идеальных условиях для задач исследования желательно иметь качественные снимки с интервалом съемки месяц. Используемый в пилотном обследовании интервал с августа по май, помимо стандартного зимнего сезона декабрь – март, захватывает еще пять месяцев. По данным газеты «Лесная Карелия» известно, что в апреле и мае 2016 г. ООО «Северзаготовка» не проводило рубок, вместе с тем в заданном интервале остаются еще три месяца летнего сезона. Вытекающей отсюда проблемой является сложность получения серии равноинтервальных по времени снимков за последние десять лет. Так, качество космоснимков, охватывающих период нашего исследования (1999–2009 гг.), не позволяет добиться поставленных результатов. Кроме того, используемый метод является достаточно трудоемким и пока слабо

поддается машинной обработке. Поскольку наименьшая из задействованных в наших моделях климатических зон занимает площадь более 6,5 тыс. км^2, данный подход пока малоприменим в рамках исследования всего региона. Вместе с тем для локальной территории (муниципальный район или один арендатор) по полученным данным можно будет строить улучшенные модели, учитывающие промерзание почвы и несущие качества существующей дорожной сети.

ВЫВОДЫ

Таким образом, описанный подход применения космосников Landsat 8 в качестве открытого источника данных в дополнение к официальной статистике и отчетности лесозаготовительных предприятий позволяет уточнить параметры моделей, определяющих экономическую значимость работы зимников в условиях глобального потепления климата. Однако высокая трудоемкость обработки данных, низкое качество разрешения снимков за предыдущие годы вкупе с высоким уровнем облачности на территории Карелии затрудняют применение данного подхода в масштабах всего региона. Вместе с тем существующие темпы развития технологий позволяют надеяться, что подход, предложенный для исследования экономической значимости сезонной транспортной инфраструктуры в лесном секторе, станет реализуемым в ближайшем будущем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование осуществлено при финансовой поддержке РФФИ (ОГОН) по проекту № 17-32-01031 а2.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-32-01031 a2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казарян М.Л., Шахраманьян М.А.* Мониторинг лесных массивов с помощью космических снимков. Контроль вырубок леса // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. Электронный ресурс: http://science-education.ru/ru/article/view?id=18568 (дата обращения: 19.03.2018).
2. *Комков Н.И., Селин В.С., Цукерман В.А., Горячевская Е.С.* Сценарный прогноз развития северного морского пути // Проблемы прогнозирования. 2016. № 2. С. 87–98.
3. *Назарова Л.Е.* Изменчивость средних многолетних значений температуры воздуха в Карелии // Известия Русского географического общества. 2014. Т. 146. № 4. С. 27–33.
4. *Никитина Ю.В., Никитин В.Н.* Разработка методики автоматизированного дешифрирования незаконных рубок леса по разновременным космическим снимкам // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2010. Т. 3. № 2. С. 175–180.
5. *Прокопьев Е.А., Рослякова Н.А., Рязанцев П.А.* Влияние климата на объемы вывозки древесины в Республике Карелия // Друкеровский вестник. 2017. № 5. С. 173–185.
6. *Смолина С.Г.* Оценка перспектив развития речного транспорта России на основе прогноза изменений стока и морфодинамики гидросети вследствие глобального потепления климата // Труды Института системного анализа РАН. 2009. Т. 42. С. 220–237.
7. *Чугункова А.В.* Исследование влияния глобального изменения климата на потенциальную продолжительность лесозаготовительного сезона // Исследования молодых ученых: экономическая теория, социология, отраслевая и региональная экономика. 2016. С. 297–301.

8. *Шегельман И.Р., Щеголева Л.В., Лукашевич В.М.* Обоснование периода эксплуатации зимних лесовозных дорог // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2007. № 2. С. 54–57.
9. *Щёголева Л.В., Кочанов А.Н., Лукашевич В.М., Щукин П.О.* Оценка транспортного освоения лесных ресурсов с учетом сезонности: методические указания. Петрозаводск: Из-во ПетрГУ, 2008. 40 с.
10. *Ялдыгина Н.Б.* Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства // Геоматика. 2011. № 3. С. 34–39.
11. *Davis R., Yang Z., Yost A., Belongie C., Cohen W.* The normal fire environment – Modeling environmental suitability for large forest wildfires using past, present, and future climate normals // Forest Ecology and Management. 2017. V. 390. P. 173–186.
12. *Gaudreau J., Perez L., Drapeau P.* BorealFireSim: A GIS-based cellular automata model of wildfires for the boreal forest of Quebec in a climate change paradigm // Ecological Informatics. 2016. V. 32. P. 12–27.
13. *Goltsev V., Lopatin E.* The impact of climate change on the technical accessibility of forests in the Tikhvin District of the Leningrad Region of Russia // International Journal of Forest Engineering. 2013. 24:2. P. 148–160.
14. *Kirilenko A.P., Sedjo R.A.* Climate change impacts on forestry // PNAS. 2007. V. 104. No 50. P. 19697–19702.
15. *Lee C., Schlemme C., Murray J., Unsworth R.* The cost of climate change: Ecosystem services and wildland fires // Ecological Economics. 2015. V. 116. P. 261–269.
16. *Lonergan S., Di Francesco R., Woo M.* Climate Change and Transportation in Northern Canada: An Integrated Impact Assessment // Climatic Change 1993. V. 24. P. 331–351.
17. *Ma W., Liang J., Cumming J.R., Lee E., Welsh A.B., Watson J.V., Zhou M.* Fundamental shifts of central hardwood forests under climate change // Ecological Modelling. 2016. V. 332. P. 28–41. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2016.03.021.
18. *Mullan D., Swindles G., Patteson T., Galloway J., Macumber A., Falck H., Chen J., Pisaric M.* Climate change and the long-term viability of the World′s busiest heavy haul ice road. Theoretical and Applied Climatology. 2017. V. 129. No 3–4. P. 1089–1108.
19. *Prowse T.D., Furgal C., Chouinard R., Melling H., Milburn D., Smith S.L.* Implications of Climate Change for Economic Development in Northern Canada: Energy, Resource, and Transportation Sectors // AMBIO: A Journal of the Human Environment. 2009. V. 38. No 5. P. 272–281.
20. *Segal D.* Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data // Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology, Fort Worth, TX. 1982. P. 949–951.
21. *Sohngen B., Tian X.* Global climate change impacts on forests and markets // Forest Policy and Economics. 2016. V. 72. P. 18–26. DOI: 10.1016/j.forpol.2016.06.011.
22. *Wang X.-Y., Zhao C.-Y., Jia Q.-Y.* Impacts of Climate Change on Forest Ecosystems in Northeast China // Advances in Climate Change Research. 2013. V. 4, No 4. P. 230–241. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2013.230.
23. *Wimberly M.C., Liu Z.* Interactions of climate, fire, and management in future forests of the Pacific Northwest // Forest Ecology and Management. 2014. V. 327. P. 270–279. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.09.043.

REFERENCES

1. *Chugunkova A.V.* Investigation of global climate change effect on feasible duration of winter-felling season. Issledovanija molodyh uchjonyh: jekonomicheskaja teorija, sociologija, otraslevaja i regional'naja jekonomika. 2016. P. 297–301 (in Russian).

2. *Davis R., Yang Z., Yost A., Belongie C., Cohen W.* The normal fire environment – Modeling environmental suitability for large forest wildfires using past, present, and future climate normals. Forest Ecology and Management. 2017. V. 390. P. 173–186.
3. *Gaudreau J., Perez L., Drapeau P.* BorealFireSim: A GIS-based cellular automata model of wildfires for the boreal forest of Quebec in a climate change paradigm. Ecological Informatics. 2016. V. 32. P. 12–27.
4. *Goltsev V., Lopatin E.* The impact of climate change on the technical accessibility of forests in the Tikhvin District of the Leningrad Region of Russia. International Journal of Forest Engineering. 2013. 24:2. P. 148–160.
5. *Jaldygina N.B.* Software ENVI for forest monitoring. Geomatika. 2011. No 3. P. 34–39 (in Russian).
6. *Kazarjan M.L., Shahraman'jan M.A.* Forest monitoring by means satellite imagery – control deforestation. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. No 1-1. web resource: http: //science-education.ru/ru/article/view?id=18568, accessed 19.03.2018 (in Russian).
7. *Kirilenko A.P., Sedjo R.A.* Climate change impacts on forestry. PNAS. 2007. V. 104. No 50. P. 19697–19702.
8. *Komkov N.I., Selin V.S., Cukerman V.A., Gorjachevskaja E.S.* Scenario forecast of the development of the Northern Sea Route. Problemy prognozirovanija. 2016. No 2. P. 87–98 (in Russian).
9. *Lee C., Schlemme C., Murray J., Unsworth R.* The cost of climate change: Ecosystem services and wildland fires. Ecological Economics. 2015. V. 116. P. 261–269.
10. *Lonergan S., Di Francesco R., Woo M.* Climate Change and Transportation in Northern Canada: An Integrated Impact Assessment. Climatic Change 1993. V. 24. P. 331–351.
11. *Ma W., Liang J., Cumming J.R., Lee E., Welsh A.B., Watson J.V., Zhou M.* Fundamental shifts of central hardwood forests under climate change. Ecological Modelling. 2016. V. 332. P. 28–41. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2016.03.021.
12. *Mullan D., Swindles G., Patteson T., Galloway J., Macumber A., Falck H., Chen J., Pisaric M.* Climate change and the long-term viability of the World's busiest heavy haul ice road. Theoretical and Applied Climatology. 2017. V. 129. No 3–4. P. 1089–1108.
13. *Nazarova L.E.* Variability of average long-term values of air temperature in Karelia. Izvestija Russkogo geograficheskogo obshhestva. 2014. V. 146. No 4. P. 27–33 (in Russian).
14. *Nikitina Ju.V., Nikitin V.N.* Development of the techniques for computerized interpretation of illegal deforestation satellite images taken at different times. Interjekspo Geo-Sibir'. 2010. V. 3. No 2. P. 175–180 (in Russian).
15. *Prokop'ev E.A., Rosljakova N.A., Rjazancev P.A.* Climate impact on the logging volume in the Republic of Karelia. Drukerovskij vestnik. 2017. No 5. P. 173–185 (in Russian).
16. *Prowse T.D., Furgal C., Chouinard R., Melling H., Milburn D., Smith S.L.* Implications of Climate Change for Economic Development in Northern Canada: Energy, Resource, and Transportation Sectors. AMBIO: A Journal of the Human Environment. 2009. V. 38. No 5. P. 272–281.
17. *Segal D.* Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data. Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology, Fort Worth, TX, 1982. P. 949–951.
18. *Shegel'man I.R., Shhegoleva L.V., Lukashevich V.M.* Substantiation of Forest Roads Operating Period. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2007. No 2. P. 54–57 (in Russian).

19. *Shhegoleva L.V., Kochanov A.N., Lukashevich V.M., Shhukin P.O.* Assessment of transport development of forest resources taking into account seasonality: guidelines. Petrozavodsk: Izdatel'stvo PetrGU, 2008. 40 p. (in Russian).
20. *Smolina S.G.* Estimation of the prospects for the development of river transport in Russia on the basis of forecasting changes in runoff and hydrodynamics of the hydroset due to global warming. Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk. 2009. V. 42. P. 220–237 (in Russian).
21. *Sohngen B., Tian X.* Global climate change impacts on forests and markets. Forest Policy and Economics. 2016. V. 72. P. 18–26. DOI: 10.1016/j.forpol.2016.06.011.
22. *Wang X.-Y., Zhao C.-Y., Jia Q.-Y.* Impacts of Climate Change on Forest Ecosystems in Northeast China // Advances in Climate Change Research. 2013. V. 4, No 4. P. 230–241. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2013.230.
23. *Wimberly M.C., Liu Z.* Interactions of climate, fire, and management in future forests of the Pacific Northwest. Forest Ecology and Management. 2014. V. 327. P. 270–279. DOI: 10.1016 /j.foreco.2013.09.043.

УДК: 621.039

Шеков В.[1], Ялас П.[2], Йоутсенваара Я.[2], Кисиел Я.[3], Лааксохарью М.[4], Пител В.[5], Хорнер Д.[6], Мишо Х.[6], Гизе Р.[7], Москус В.[8], Забельский Я.[9], Гостило В.[10], Степанов А.[11], Линдборг Т.[12], Кару В.[13], Ахола Х.[14]

ПРОЕКТ BSUIN КАК ИННОВАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГОРНО-ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

Использование подземного пространства в крепких горных породах после отработки шахт часто вызывает дискуссии об альтернативном использовании оставшейся туннельной системы. Решение заполнить их каменными блоками, бетоном и грунтовыми водами не всегда оптимально, так как эта экологическая работа требует финансовых ресурсов.

Альтернативой закрытию является создание подземных лабораторий (UL) в этих местах и использование подземных помещений для других целей, не связанных с добычей полезных ископаемых. В то же время существует множество проблем, связанных с передачей такого пространства, которое использовалось для технологических целей, в распоряжение исследователей и для развития бизнеса.

Проект ЕС «Подземная инновационная сеть Балтийского моря» (BSUIN) предлагает новые инновационные методы и решения для нового или более эффективного использования возможностей отдельных подземных лабораторий в составе консорциума в регионе Балтийского моря.

Консорциум состоит из существующих или планируемых лабораторий, где подробно изучены геологические свойства (например, геофизические и радиационные), организационная структура, правила безопасности, доступность, настоящее и будущее использование, а также разработка инноваций.

Результатом скоординированных усилий станет более эффективное взаимодействие и использование лабораторий для инноваций и развития бизнеса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: подземные лаборатории, регион Балтийского моря, Рускеальский горный парк, подземная инновационная сеть Балтийского моря, BSUIN.

---

[1] Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **shekov@krc.karelia.ru**

[2] Университет Оулу, Оулу, Финляндия, *e-mail:* **Panu.Jalas@oulu.fi, jari.joutsenvaara@oulu.fi**

[3] Силезский университет, Катовицы, Польша, *e-mail:* **Jan.Kisiel@us.edu.pl**

[4] Шведская компания управления отходами и ядерным топливом, Стокгольм, Швеция, *e-mail:* **marcus.laaksoharju@gmail.com**

[5] KGHM S.A., Научно исследовательский центр Cuprum, Вроцлав, Польша, *e-mail:* **w.pytel@cuprum.wroc.pl**

[6] Фрайбергская горная академия, Фрайберг, Германия, e-*mail:* **David.horner@mabb.tu-freiberg.de, Helmut.Mischo@mabb.tu-freiberg.de**

[7] Германский исследовательский центр в области наук о Земле, Потсдам, Германия, *e-mail:* **rudi@gfz-potsdam.de**

[8] Вильнюсский университет, Вильнюс, Литва, *e-mail:* **vytenis.mockus@vm.vu.lt**

[9] Национальный центр по ядерным исследованиям, астрофизическое подразделение в Лодзе, Польша, *e-mail:* **js@zpk.u.lodz.pl**

[10] Балтийский научный инструмент, Рига, Латвия, *e-mail:* **v.gostilo@bsi.lv**

[11] Институт им. Хлопина, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **stepanov@khlopin.ru**

[12] Sotkamo Silver AB, Стокгольм, Швеция, *e-mail:* **timo.lindborg@silver.fi**

[13] Таллиннский технологический университет, отдел геологии, Таллинн, Эстония, *e-mail:* **veiko.karu@ttu.ee**

[14] Университет прикладных наук Оулу, Оулу, Финляндия, *e-mail:* **helena.ahola@oamk.fi**

V. Shekov[1], P. Jalas[2], J. Joutsenvaara[2], J. Kisiel[3], M. Laaksoharju[4], W. Pytel[5], D. Horner[6], H. Mischo[6], R. Giese[7], V. Mockus[8], J. Szabelski[9], V. Gostilo[10], A. Stepanov[11], T. Lindborg[12], V. Karu[13], H. Ahola[14]

BSUIN PROJECT AS AN INNOVATIVE PLATFORM FOR MINING&INDUSTRIAL UNDERGROUND HERITAGE INVESTIGATION IN RUSSIA

ABSTRACT

The use of underground space in bedrock after e. g. mining works often cause discussions on alternative use of the remaining tunneling system. A decision to fill them with rock blocks, concrete and groundwater is not always optimal since this environmental regulated work requires also financial resources.

The alternative for closing is to establish underground laboratories (UL's) at these locations and to use the underground spaces for new purposes not related to the mineral extraction. At the same time, there are many challenges related to the transmission of such spaces from production to research and business development. The EU project "Baltic Sea Underground Innovation Network" (BSUIN) offers new innovative methods and solutions for new or a more efficient use of the capabilities of individual UL's as a part of a consortium of Underground Laboratories in the Baltic Sea region.

The consortium consists of existing or planned laboratories where the geological properties (e. g. geophysical and radiation), organizational structure, safety regulations, accessibility, present and future use and innovation handling are studied in detail. The result of the coordinated efforts will be a more efficient networking and use of the laboratories for innovation and business development.

The existing consortium includes six laboratories from various countries in the Baltic region: Äspö Hard Rock Laboratory, Oskarshamn, Sweden; Forschungs- und Lehrbergwerk – Research and Education Mine "Reiche Zeche", Freiberg, Germany; Callio Lab in Pyhäsalmi mine, Pyhäjärvi, Finland; KGHM S.A. mining company, Poland, together with their research organization KGHM CUPRUM, which proposes a conceptual UL prototype is located in one of the KGHM's deep copper mines; Underground laboratory of Khlopin Institute, St Petersburg, Russia; Underground Laboratory "Ruskeala", KRC RAS Karelia, Russia.

KEY WORDS: Underground laboratories, Baltic Sea Region, Ruskeala Marble quarry, Baltic Sea Underground Innovation Network, BSUIN.

---

[1] Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **shekov@krc.karelia.ru**
[2] University of Oulu, Finland, *e-mail:* **Panu.Jalas@oulu.fi, jari.joutsenvaara@oulu.fi**
[3] University of Silesia, Katowice, Poland, *e-mail:* **Jan.Kisiel@us.edu.pl**
[4] Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Stockholm, Sweden, *e-mail:* **marcus.laaksoharju@gmail.com**
[5] KGHM S.A., Research development center Cuprum, Wroclaw, Poland, *e-mail:* **w.pytel@cuprum.wroc.pl**
[6] TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany, *e-mail:* **David.horner@mabb.tu-freiberg.de, Helmut.Mischo@mabb.tu-freiberg.de**
[7] German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany, *e-mail:* **rudi@gfz-potsdam.de**
[8] Vilnius University, Vilnius, Lithuania, *e-mail:* **vytenis.mockus@vm.vu.lt**
[9] National Center for Nuclear Research, Astrophysics Division in Lodz, Poland, *e-mail:* **js@zpk.u.lodz.pl**
[10] Baltic Scientific instruments, Riga, Latvia, *e-mail:* **v.gostilo@bsi.lv**
[11] Khlopin Institute, St Petersburg, Russia, *e-mail:* **stepanov@khlopin.ru**
[12] Sotkamo Silver AB, Стокгольм, Швеция, *e-mail:* **timo.lindborg@silver.fi**
[13] Tallinn University of Technology, Department of Geology, Tallinn, Estonia, *e-mail:* **veiko.karu@ttu.ee**
[14] Oulu University of Applied Sciences, Oulu, Finland, *e-mail:* **helena.ahola@oamk.fi**

ВВЕДЕНИЕ

Подземное пространство всё чаще используется в хозяйственной деятельности человека уже не для целей извлечения полезного ископаемого, а для организации различных инфраструктурных объектов, обеспечивающих потребности различных отраслей промышленности.

Вопросам, связанным с использованием подземного пространства, в настоящее время уделяется огромное внимание как в градостроительной деятельности, где оно образуется в результате строительства таких сооружений на значительной глубине, так и в горной промышленности, когда в результате деятельности появляются огромные подземные полости, которые необходимо рекультивировать по окончании работ.

Одним из вызовов современности является проблема использования выработанного горного пространства без его существенной рекультивации. Рекультивация – дорогостоящая процедура, заключающаяся, как правило, в заполнении выработанного пространства ранее извлеченными горными породами. С другой стороны, использование подземного пространства в целях, не связанных с добычей полезного ископаемого, сопряжено со множеством мелких и крупных сложностей, выбором наиболее оптимального и экономически оправданного способа применения его в хозяйстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Условно подземные полости можно разделить на несколько групп, в зависимости от источника их происхождения и целей создания:

1. Естественные полости – пещеры, подземные тоннели, каверны, образованные в результате действия сил природы;
2. Искусственные полости, создающиеся строительными методами специально для размещения их под уровнем земной поверхности;
3. Горные выработки, образующиеся после извлечения полезных ископаемых, которые уже при проходке планировались для дальнейшего использования в качестве подземного пространства для различных целей;
4. Горные выработки и выработанное открытое пространство (карьеры), разрабатывавшиеся в прошлом, чаще всего представляющие уже историческое значение и по разным причинам нерекультивированные до настоящего времени.

К особенностям подземных полостей, образованных – в результате действий различных сил природы – руслами подземных рек, выщелачиванием легкорастворимых минералов, тектоническими и другими геологическими процессами, можно отнести то, что они были сформированы в течение длительных отрезков времени. За этот период подземное пространство приняло свои современные формы, в которых то, что должно было разрушиться и находилось в неустойчивом состоянии, уже разрушилось, образовав устойчивые полости в земной коре.

Искусственные полости – подземные гаражи, торговые комплексы, специализированные тоннели (метро и др.) – являются продуктом строительной индустрии, и, как правило, требования к их строительству и эксплуатации не отличаются от подобных требований к другим строительным объектам, то есть к ним не предъявляются требования безопасного поведения под землей в процессе эксплуатации, подобно рудникам и шахтам.

Горные выработки и выработанное пространство, остающиеся при отработке месторождения полезного ископаемого, – это часть технологического процесса, и вопросы долговременного использования таких выработок, как правило, определяются еще на стадии проектирования или технологического использования в качестве альтернативы их рекультивации, то есть их ликвидации без ущерба для земной поверхности.

Четвертая группа выработок, которые можно назвать историческими, поскольку они созданы в недалеком прошлом, отличается от трех предыдущих групп тем, что в то время, когда они сооружались и использовались в технологическом процессе извлечения полезного ископаемого из недр земли, требования к безопасному нахождению в них людей значительно отличались от современных. Проектируя такие выработки, разработчики недр не планировали использования их в других целях, а по окончании работ не уделяли столь серьезного внимания приведению недр в безопасное состояние. Срок существования таких выработок, по сравнению с естественными полостями, очень короток для того, чтобы прийти в безопасное состояние, и составляет десятки, иногда первые сотни лет. Подземные горные выработки четвертого типа очень характерны для России в целом и для Республики Карелия в частности.

При этом следует учесть, что такие выработки представляют практический интерес в настоящее время для современного общества, потому что в них законсервированы технологии прошлого, тесно связанные с историей их геологического изучения, технологическими решениями и соответствующим оборудованием для разработки, а также историей событий, происходивших в обществе того времени, которые сопровождали жизненный цикл этих рудников и шахт. Именно такое сочетание высоко ценится в современном обществе при оценке горно-индустриального наследия, его использовании в качестве привлекательных для туристов объектов.

Эти соображения и сформировали цели и задачи при изучении такого рода подземного пространства в Федеральном исследовательском центре «Карельский научный центр РАН». В настоящее время на его базе была создана «Подземная лаборатория Рускеала», использующая в качестве научной площадки подземные и открытые выработки Рускеальского горного парка как полигона для отработки технологий изучения выработок четвертой группы.

Основным методом исследования являлось совместное обсуждение, выработка мер и предложение мероприятий в рамках выполнения научного проекта Программы Интеррег Балтийского моря – No R037 "Baltic Sea Underground Innovation Network" (BSUIN).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При ответе на любого рода вызовы в современном мире очень важную роль играют правильный выбор целей и адекватная формулировка задач, способных после их выполнения решить выявленные проблемы. Одним из таких вызовов является использование подземного пространства в целях, не связанных с добычей полезного ископаемого.

Основным при таком подходе являются выбор направления, формулировка целей и задач при решении этой проблемы, и работу можно условно разделить на несколько этапов:

1 этап – формирование представлений о направлениях использования подземного пространства, оценка рисков и постановка задач;

2 этап – реализация предложенных задач и внедрение новых решений в практику.

В статье рассматриваются результаты, относящиеся к первому этапу решения проблемы использования подземного пространства в целях, не связанных с добычей полезного ископаемого.

Группа исследователей из 14 различных учреждений, расположенных в 8 странах региона Балтийского моря, организовали международный проект BSUIN (Baltic See Underground Innovation Network), финансируемый Программой Интеррег Балтийского моря для объединения усилий по изучению подземного пространства, используемого для различных целей, объединив в единый комплекс шесть подземных лабораторий различного профиля.

Существующий консорциум включает Лабораторию твердого камня Äspö, Оскаршамн, Швеция [http://www.skb.com/research-and-technology/laboratories/the-aspo-hard-rock-lab/]; Forschungs- und Lehrbergwerk – Исследовательскую и учебную шахту «Рейхе Цехе», Фрайберг, Германия [http://www.besucherbergwerk-freiberg.de/]; Лабораторию Callio Lab в шахте Pyhäsalmi, Pyhäjärvi, Финляндия [www.calliolab.com/callio-lab]; компанию KGHM S.A., совместно с их исследовательской организацией KGHM CUPRUM [http: //www.cuprum.wroc.pl/], в которой предлагается концептуальный прототип подземной лаборатории, расположенной в одной из глубоких медных шахт Польши; Подземную лабораторию Института им. Хлопина, Санкт-Петербург, Россия [http://www.khlopin.ru/]; Подземную лабораторию ФИЦ КарНЦ РАН на базе Рускеальского мраморного карьера, Карелия, Россия [http://ruskeala.info/ru].

Рис. 1. Размещение подземных лабораторий проекта BSUIN
[http://bsuin.eu/underground-labs/, captured on April 30th 2018]
Fig. 1. Location of the underground laboratories operating under the BSUIN project
[http://bsuin.eu/underground-labs/, captured on April 30th 2018[

Партнерами проекта выступают крупные центры и университеты Балтийского региона:

1. University of Oulu, Finland;
2. Oulu University of Applied Sciences, Oulu, Finland;
3. University of Silesia, Katowice, Poland;
4. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Stockholm, Sweden;
5. KGHM S.A., Research development center Cuprum, Wroclaw, Poland;
6. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany;
7. German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany;
8. Vilnius University, Vilnius, Lithuania;
9. National Center for Nuclear Research, Astrophysics Division in Lodz, Poland;
10. Baltic Scientific instruments, Riga, Latvia;
11. Karelian Research Center of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia;
12. Khlopin Institute, St Petersburg, Russia;
13. Sotkamo Silver AB, Stockholm, Sweden;
14. Tallinn University of Technology, Department of Geology, Tallinn, Estonia.

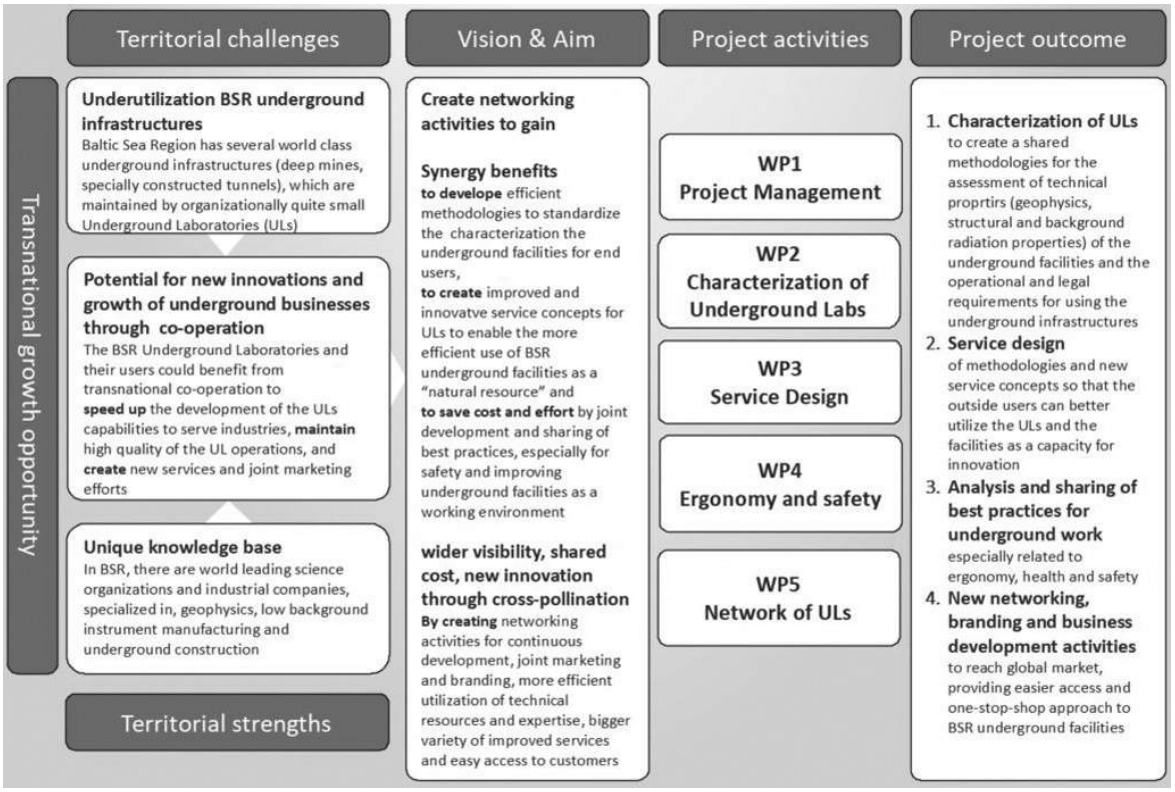


Рис. 2. Структура проекта "Baltic See Underground Innovation Network"
[http://bsuin.eu/underground-labs/, captured on April 30th 2018]
Fig. 2. Structure of the project "Baltic Sea Underground Innovation Network"
[http://bsuin.eu/underground-labs/, captured on April 30th 2018]

Проект BSUIN включает пять рабочих пакетов:

Рабочий пакет 1. Управление проектами и администрирование.

Рабочий пакет 2. Характеристика подземных сооружений.

Рабочий пакет 3. Проект сервис, дизайн рынка и брендинг подземных лабораторий в качестве потенциала для инноваций.

Рабочий пакет 4. Улучшение подземной среды.

Рабочий пакет 5. Сетевое взаимодействие подземных лабораторий и их пользователей.

Целью проекта на начальном этапе является сбор всей технической, структурной, организационной и правовой информации о подземных лабораториях в регионе Балтийского моря, чтобы обеспечить высококачественные данные об этих объектах и улучшить восприятие рынком подземных лабораторий, которые могут быть использованы для коммерческого применения путем создания и сопровождения инновационных методологий оценки подземного пространства. Данные о характеристиках также важны для повышения доступности подземных лабораторий, особенно для малого и среднего предпринимательства.

Предполагается провести оценку методологий использования подземного пространства, передовых методов, используемых для оценки характеристик качества объектов, применяемых в разных странах. Всесторонняя характеристика и высокое качество методов измерений являются существенными факторами в повышении глобальной конкурентоспособности подземных лабораторий в регионе Балтийского моря по сравнению с подобными организациями в других частях мира, а предоставление информации о характеристиках через Интернет, как ожидается, существенно снизит порог привлечения новых клиентов.

Деятельность проекта в соответствии с рабочими пакетами 2–5 сможет повысить способность сети BSUIN обеспечить качество технической характеристики коммерческих клиентов на ведущем мировом уровне. Для достижения указанных целей проект включает большое количество ассоциированных организаций и конечных пользователей для обеспечения обратной связи и их участия в разработке методологий и критериев качества.

Одна из целей проекта заключается в разработке концепций обслуживания, необходимых для преобразования подземных лабораторий из чистой исследовательской инфраструктуры в потенциал инноваций, способных облегчать и стимулировать коммерческую деятельность. Для достижения цели подземные лаборатории должны разработать свои сервисные предложения, чтобы они могли обеспечить контролируемый и хорошо определенный сервисный интерфейс и безопасный доступ к подземному пространству.

Поскольку в подземных условиях требуется конкретное планирование условий труда, особенно в отношении безопасности, целью рабочего пакета 4 являются сбор и дальнейшая разработка передовой практики, которая позволяет использовать средства подземных лабораторий для коммерческих операций и наметить идеи для дальнейшего их развития.

Подготовленность инструкций и отчетов об условиях окружающей среды подземных сооружений также является критерием качества, который далее распространяется в рабочем пакете 5 среди подземных лабораторий региона Балтийского моря, а также их клиентов.

Улучшенные услуги и предложения объектов должны обеспечить лучшую доступность для пользователей, особенно для малых и средних предприятий, которые обычно не имеют ресурсов для управления работами в подземных условиях без сторонней поддержки.

Кроме того, предложение услуг должно быть разработано таким образом, чтобы оно активно продвигало инновационную деятельность пользователей подземных лабораторий и тем самым способствовало инкубации новых идей и предприятий в регионе Балтийского моря.

Управление инновациями является неотъемлемой частью рабочего пакета 3.

Рабочий пакет 2 включает бизнес-анализ работы подземных лабораторий, чтобы предложения услуг были экономически устойчивыми после завершения проекта.

Чтобы достичь проектной цели 2, ассоциированные организации и конечные пользователи участвуют в Рабочем пакете 3 и Рабочем пакете 4, создавая обратную связь.

Важная проектная цель – создание основы для создания сети подземных лабораторий Балтийского моря, которая обеспечит расширенную возможность обмена информацией о подземных лабораториях региона Балтийского моря между собой, пользователями и новыми клиентами. Цель достигается путем создания институционализированной организации, которая будет поддерживать платформенные веб-инструменты для постоянного улучшения доступности, разработки методов оценки и предложений услуг и объединения усилий для глобальной маркетинговой деятельности. Сеть будет разработана, главным образом, в Рабочем пакете 5, но все виды деятельности разработаны в Рабочем пакете 2.

В свете современных представлений о цифровизации различных прикладных областей хозяйствования в проекте рассматривается возможность применения технологии BIM (building information modelling) [https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling], широко используемой в настоящее время при проектировании и эксплуатации строительных объектов, но здесь, в проекте, – уже в качестве информационно-аналитического инструмента при использовании отработанного подземного пространства в различных хозяйственных целях.

Идея информационного моделирования (IM) была одобрена всеми участниками проекта как перспективная методология для повышения структурной характеристики подземной лаборатории. IM-файлы подземных лабораторий могут быть расширены таким образом, чтобы в конечном итоге включить информацию обо всех характеристиках подземных лабораторий, то есть информацию о геофизических свойствах, свойствах окружающей среды и условиях фонового излучения, которые могут со временем сочетаться с 3D-моделями подземного пространства.

На практике все подземные лаборатории проекта BSUIN используют различное программное обеспечение САПР: например, Callio Lab – программу Surpac, Карельский научный центр – программу «Integro» и т. д. Однако подход к информационной модели должен быть независимым от САПР методологий и давать, несмотря на локальную управляемую информацию, возможность получения доступа к IM с помощью стандартизованного API (интерфейса прикладного программирования) и стандартных форматов файлов.

Особенности российского законодательства в области использования подземного пространства в хозяйственных целях регламентируются законом «О недрах» № 261-ФЗ, в котором к ресурсам недр относят твердые, жидкие, газообразные полезные ископаемые, минеральные воды, тепло Земли и подземное пространство. Логика закона определяет, что все виды этих ресурсов должны использоваться в соответствии со специальными лицензиями, которые дают право на их использование, а порядок их использования определен различными регламентами и инструкциями. В общем виде порядок отработки месторождения (введения его в эксплуатацию) характеризуется этапностью: на первых этапах производятся оценка ресурса, подсчет его объемов, расчет эффективности его использования, составление проекта использования ресурсов с последующим строительством инфраструктуры. И лишь после этих процедур возможна эксплуатация полученного ресурса.

Если для основных видов ресурсов – твердых, газообразных, жидких – такие инструкции детально разработаны, то для использования подземного пространства в хозяйственных целях законодательство в Российской Федерации не разработано совершенно. Такой ресурс недр, как подземное пространство, в Республике Карелия в настоящее время не учитывается, несмотря на то что закон «О недрах» № 261-ФЗ, статья 2.3. Участки недр местного значения, к участкам недр местного значения относит:

«1) участки недр, содержащие общераспространенные полезные ископаемые;

2) участки недр, используемые для строительства и эксплуатации подземных сооружений местного и регионального значения, не связанных с добычей полезных ископаемых».

В настоящее время в республике не существует никаких регламентов и законов, определяющих порядок получения лицензий на эксплуатацию подземных сооружений, а также порядок их подготовки и использования. Отсутствует реестр существующих подземных сооружений. В то же время имеется огромное количество заброшенных выработок (остатков рудников) и часть из них уже используется в качестве туристических дестинаций. Ситуация в этом секторе в Российской Федерации несущественно отличается от карельской.

Примером такого объекта в Республике Карелия является Рускеальский горный парк, который включает в себя открытый карьер, заполненный водой, подземное и подводное пространство, используемые для привлечения и обслуживания туристов.

Мрамор из Рускеальского месторождения имеет давнюю интересную историю, о которой написано множество книг. Этот камень стали добывать в 1766 г. [Mining Road, 2014, p. 134]. В 1769 г. только что заложенные в Рускеала мраморные ломки были переданы в Комиссию по постройке Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге. И с тех пор огромное количество этого камня было использовано при строительстве монументальных сооружений Петербурга. И сегодня заброшенные ломки превратились в один из лучших туристических объектов России. В первой трети XIX в. камень стали использовать и для производства извести, а уже в XX в. производили только известь.

В 2005 г. началась подготовка объекта для туристических целей. Были сооружены дорожки, освещение, подготовлены экскурсии. Парк развивался. И лишь после того, как было решено использовать подземное пространство, стало понятно, насколько законодательство России в вопросах использования подземного пространства не разработано.

В настоящее время ФИЦ «КарНЦ РАН» совместно с компанией «Колмас плюс», создав «Подземную лабораторию Рускеала», проводят широкие исследования по изучению подземного пространства парка. Основной задачей является оценка:

– нарушенности массива;

– состояния горных выработок;

– изучение вещественного состава пород;

– физико-механических характеристик мраморов.

В качестве методов исследований применяются:

– тектоно-физические, для выявления основных компонент напряжений и деформаций;

– геологические, для оценки геологического строения объекта. (Последняя сокращенная геологическая оценка участка была выполнена в 1954 г.);

– геофизические. В качестве перспективных рассматриваются микросейсмические методы для построения томографической модели массива;

– гидрологические, для оценки условий фильтрации и трещиноватости массива.

Рис. 3. Характер доступа в подземные горные выработки.
Фото Антона Юшко, 2009 г.
Fig. 3. Access to the underground workings.
Photo by Anton Yushko, 2009

Рис. 4. Состояние кровли и стен выработок.
Фото Антона Юшко, 2009 г.
Fig. 4. The condition of the roof and walls of the workings.
Photos by Anton Yushko, 2009

Участниками проекта разработана и установлена система контроля за движением кровли и стен выработок на основе лазерных дальномеров, ведется систематическая работа по наблюдению за гидрологическим режимом, влиянием процессов замораживания – оттаивания на устойчивость выработок. Ведутся также изучение и отладка методов, наиболее пригодных для поддержания безопасности при посещении подземного пространства.

Одной из самых главных задач при выполнении работ на этом объекте является разработка методической основы оценки заброшенных подземных выработок, которые могут быть интересны с точки зрения использования их в туристическом бизнесе, для обеспечения системы государственного лицензирования подземного пространства.

И здесь следует отметить инновационность проекта BSUIN, который только за счет объединения подземных лабораторий различной направленности в единый консорциум создает эффект, позволяющий комплексно решать проблемы использования подземного пространства, за счет стран, имеющих серьезный опыт использования подземного пространства в различных направлениях. Изучение опыта разрешительных работ в различных странах – участниках проекта – позволит выделить наиболее удачные примеры использования европейского законодательства в решении вопросов использования горных выработок в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, предложить комплексные оптимизированные решения для экономически эффективного управления ресурсами подземного пространства, в том числе и в целях создания памятников горно-индустриального наследия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема отбора, сохранения и использования объектов индустриального наследия актуальна не только для России. С начала 2000-х годов интенсивно развиваются идеи, связанные с устойчивым, ответственным и эффективным природопользованием. Многие проблемы прошлого века сохраняют свою актуальность и сегодня, в частности, проблемы повышения эффективности управления экономическими ресурсами и минимизации вредного техногенного воздействия на окружающую среду, а также ревитализации индустриальных ландшафтов и их адаптации для использования человеком.

Ранее проведенные исследования позволили уточнить основные понятия, в общем виде разработать методологию оценки объектов геологического и горно-индустриального наследия России как ценного ресурса экономики, выделить основные этапы благоустройства и коммерциализации таких объектов и выявить факторы, сопутствующие включению этих объектов в систему туристской экономики.

Прогнозы о повышении экономической роли геологических и горнотехнических памятников, в том числе заброшенных горных выработок, базируются на концепции о функционировании взаимосвязанных между собой информационно наполненными туристическими маршрутами якорных объектов (музеев, информационных центров, геологических и ландшафтных парков и т. п.), имеющих развитую транспортную и социальную инфраструктуру. В основе подхода – ориентация на долгосрочное безубыточное функционирование бывшего индустриального объекта в роли обновленной территории. Оценка имеющихся в Республике Карелия сохранившихся свидетельств геологической истории и истории горного дела в дальнейшем позволит расширить перечень перспективных направлений для устойчивого и эко-ответственного развития региональной экономики.

Положения теоретико-методической платформы комплексной оценки ресурсов геологического и горно-индустриального наследия неоднократно обсуждались в ходе многочисленных конференций как российского, так и международного уровня.

Используемые методы являются перспективными при решении задач по изучению, отбору, сохранению и музеефикации историко-геологических объектов, и не последнюю роль в этих процессах должен сыграть проект Программы Интеррег Балтийского моря – BSUIN.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием в ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук» (тема № АААА-А18-118020290175-2 и при поддержке Проекта No R037 "Baltic Sea Underground Innovation Network" (BSUIN), финансируемого программой ЕС «Интеррег Регион Балтийского моря».

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out under state order to the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (project No AAAA-A18-118020290175-2) and with the support of Project No R037 "Baltic Sea Underground Innovation Network" (BSUIN) financed by the EU Program "Interreg Baltic Sea Region".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mining Road, Publishing Editor V.A. Shekov, Petrozavodsk: Karelian Research Center, RAS, 2014, 320 p.

REFERENCES

1. Mining Road. Edited by V.A. Shekov, Petrozavodsk: Karelian Research Centre, RAS, 2014, 320 p.

ГЕОИНФОРМАТИКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

GEOINFORMATICS AND MAPPING IN NATURE PROTECTION AND SECURITY OF ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 330.34:504:03

Дружинин П.В.[1], Филатов Н.Н.[2], Морошкина М.В.[3], Дерусова О.В.[4], Поташева О.В.[5]

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена изучению эколого-экономических процессов на водосборе Белого моря. Рассматривалось развитие экономики в пяти регионах, входящих в водосбор (Мурманская, Архангельская, Вологодская области, Республики Карелия и Республики Коми), анализировалась структура экономики и степень ее влияния на окружающую среду. Была собрана информация по регионам в целом и муниципальным образованиям. Строились графики экономических и экологических показателей, изучалась их взаимосвязь. Были построены экономические и экологические карты водосбора Белого моря. Было показано, что в целом экономическое развитие водосбора Белого моря происходит медленнее, чем РФ в целом. На основе анализа графиков и карт были построены модели, позволившие оценить влияние развития экономики регионов на окружающую среду. Изменение экономической политики определяло эколого-экономические процессы, на графиках выделяются три периода – 1990–1998, 1999–2008 и 2009–2016 гг., когда меняется вид зависимости экологических показателей от экономических. В первом периоде спад экономики определял динамику экологических показателей, наилучшие характеристики оказались у однофакторного уравнения. Во втором периоде влияние роста экономики компенсировалось вложениями в модернизацию экономики

[1] Институт экономики КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», д. 50, 185030, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **pdruzhinin@mail.ru**

[2] Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, д. 50, 185030, Петрозаводск, Россия, чл.-корр. РАН, *e-mail:* **nfilatov@rambler.ru**

[3] Институт экономики КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, д. 50, 185030, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **maribel@mail.ru**

[4] Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, д. 50, 185030, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **derusova@petrsu.ru**

[5] Институт экономики КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, д. 50, 185030, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **lelyapotasheva@yandex.ru**

и природоохранными инвестициями и экологические показатели медленно улучшались. Также положительное влияние оказывали структурные сдвиги в экономике. В третьем периоде уменьшились вложения в модернизацию предприятий и охрану природы, в результате, несмотря на незначительный экономический рост у части регионов ухудшились экологические показатели. Построенные карты позволили выделить неблагополучные территории и части Белого моря, наиболее подверженные отрицательным воздействиям экономических объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивое развитие, экономическое развитие региона, карта загрязнений, Белое море.

Pavel V. Druzhinin[1], Nikolay N. Filatov[2], Marina V. Moroshkina[3], Olga V. Derusova[4], Olga V. Potasheva[5]

MODELING AND SPATIAL ANALYSIS OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONDITION OF THE WHITE SEA RESERVOIR

ABSTRACT

The article is devoted to studying of ekologo-economic processes on a reservoir of the White Sea. Development of economy in five regions entering a reservoir (Murmansk, Arkhangelsk, Vologda regions, Republics of Karelia and Komi Republic) was considered, the structure of the economy and the degree of its impact on the environment were analyzed. Information was collected on the regions as a whole and on municipalities. Graphs of economic and environmental indicators were constructed, and their interrelation was studied. Economic and ecological maps of the White Sea reservoir were built. It was shown that, in general, the economic development of the White Sea reservoir is slower, than of the Russian Federation as a whole. Based on the analysis of graphs and maps the models were constructed that made it possible to estimate the impact of development of the regional economy on the environment. The change in economic policy determined environmental and economic processes, three periods are singled out on the graphs – 1990–1998, 1999–2008 and 2009–2016, when the type of dependence of environmental indicators on economic indicators is changing. In the first period, the economic decline determined the dynamics of environmental indicators, the best characteristics were found in a single-factor equation. In the second period, the impact of economic growth was compensated by investments in economic modernization and environmental investments and environmental indicators were slowly improving. Also positive impact was exerted by structural changes in economy. In the third period investments in modernization of the enterprises and conservation have decreased, as a result, despite insignificant economic growth at a part of regions ecological indicators have worsened. The constructed maps have allowed allocating the unfavorable territories and parts of the White Sea, which are most prone to negative impacts of economic objects.

KEYWORDS: sustainable development, economic development of the region, map of pollution, the White Sea.

[1] Institute of economy of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Nevskogo, 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **pdruzhinin@mail.ru**
[2] Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Nevskogo, 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, RAS Corr. Fellow, *e-mail:* **nfilatov@rambler.ru**
[3] Institute of economy of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Nevskogo, 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **maribel@mail.ru**
[4] Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Nevskogo, 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **derusova@petrsu.ru**
[5] Institute of economy of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Nevskogo, 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **lelyapotasheva@yandex.ru**

ВВЕДЕНИЕ

Исследования эколого-экономических процессов на Европейском Севере ведутся на протяжении длительного времени. В 2015–2017 гг. на основе собранной информации были подготовлены карты социо-эколого-экономического развития территорий водосбора Белого моря. На картах представлена экономическая информация по территориям водосбора Белого моря, характеризующая производственную деятельность, социальная информация, характеризующая уровень и качество жизни населения и экологическая информация, характеризующая воздействие производства и населения на окружающую среду. Наличие всех трех видов информации позволяет детальнее исследовать возможности устойчивого развития территории.

Водосбор Белого моря охватывает территорию нескольких субъектов РФ – Мурманской, Архангельской, Вологодской областей, Республики Карелия и Республики Коми, а также небольшую часть Кировской области. Для пяти регионов территории, входящие в водосбор Белого моря, составляют значительную часть экономики.

Развитие экономики северных территорий исследуется в большом количестве работ российских и зарубежных ученых. В работах В.Н. Лаженцева, А.И. Татаркина, А.Г. Гранберга и других была показана роль российских северных регионов для развития страны [Гранберг, 2002; Лаженцев, 2013; Татаркин, Логинов, 2015]. Несмотря на наличие множества проблем, северные регионы активно осваивались в XX в. для обеспечения потребностей страны в природных ресурсах. Более суровый климат требовал значительных расходов на производство, на развитие и содержание инфраструктуры, создание новых дорог, обеспечение электро- и теплоэнергией. Социальная и экономическая деятельность на Севере в сильной степени зависит от привозных материально-технических ресурсов, производимая продукция экспортируется или вывозится в более южные регионы, местный рынок мал. Периферийное положение ведет к низкой плотности населения, сконцентрированности населения в небольшом количестве поселений, расстояние между которыми достаточно велико, что еще больше ограничивает объемы местного производства [Селин, Цукерман, 2010; Жаров, Иванова, 2015]. Изменение климата нарушает вечную мерзлоту, что может вести к разрушению зданий и сооружений, производственной инфраструктуры. При освоении северных территорий требуется соблюдать особый режим природопользования [Шевчук, 2013; Маслобоев, 2014; Харитонова, 2017]. Переход к рыночной экономике привел к сокращению экономической деятельности на Севере, но и способствовал решению части накопившихся экологических проблем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для составления карт и проведения расчетов по моделям использована информация из разных источников, прежде всего с сайтов ФСГС и ее региональных подразделений, региональных ведомств, научных институтов, а также Интернета. Информация по регионам также была взята из сборников ФСГС «Регионы России», «Охрана окружающей среды в России», «Основные показатели охраны окружающей среды», а также сборников региональных подразделений[1].

Собранные из разных источников данные тщательно проверялись и при необходимости корректировались. При построении временных графиков данные приводились к единой методике. Для характеристики региона и подготовки графиков основных показа-

[1] Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016: Стат. сб./Росстат. М., 2017. Охрана окружающей среды в России. 2016: Стат. сб./Росстат. М., 2016. Основные показатели охраны окружающей среды. Стат. бюл./Росстат. М., 2017.

телей при подготовке динамики стоимостных показателей производился их пересчет в сопоставимые цены, в данном случае производится пересчет через индекс цен. Итоговый показатель строился в процентах к начальному году, данные за который брались за 100 % (в отдельных случаях за 100 % брались данные 2015 г.). На сайте ФСГС сопоставимые ряды приводятся в ценах 2008, 2011 и 2016 гг.

Для лучшей характеристики социально-экономического положения территорий водосбора Белого моря строились производные показатели, которые часто дают больше информации для анализа и исследований. Они были представлены на картах и в комментариях.

За отдельные годы информация по поселениям и муниципальным образованиям отсутствовала, поскольку часть информации конфиденциальна – если в муниципальном образовании только три или менее предприятий, которые отчитываются по данному показателю. В данном случае делалась приближенная оценка показателя за отсутствующие в справочниках годы на основе информации из Интернета или при использовании данных за близкие годы. Часть показателей приводится в справочниках только в разрезе регионов, например данные по основным обобщающим показателям, таким, как валовой региональный продукт (ВРП). В таком случае берется информация по субъектам РФ в целом, обычно по пяти, а Кировская область не рассматривается. В водосбор Белого моря входят лишь три слаборазвитых муниципальных района Кировской области (Лузский, Опаринский и Подосиновский муниципальные районы), составляющих незначительную часть ее экономики.

При анализе данных по регионам составлялись сопоставимые ряды, строились их графики, сравнивались данные из разных источников. Для уточнения данных определялись производные показатели, приросты и темпы прироста, строились их графики. Далее с использованием графиков показателей анализировались их возможные взаимосвязи. В результате формировались гипотезы о виде зависимости экономических и экологических показателей, периодах стабильных зависимостей, возможных годах изменения тенденций в связи с внешними шоками или изменением эколого-экономической политики.

Данные факторы изучались при использовании относительно простых моделей IPAT и STIRPAT, понятых и имеющих определенный экологический и экономический смысл, расчеты по которым за ретроспективный период позволяют делать разумные выводы и способны привести к относительно небольшому количеству альтернативных управленческих решений. В работах Е. Дейтца, З. Йорка, У. Роза, К. Крамера, М. Коле, Е. Неймайера, И. Мартинец-Зарзоро, А. Мариотти и других постепенно развивался данный подход, вводились новые экономические факторы, исследовались различные страны, развивалось теоретическое обоснование моделей [Dietz, Rosa, 1994, 1997; Cramer, 1998; York, Rosa, Dietz, 2003; Cole, Neumayer, 2004; Martínez-Zarzoso, Maruotti, 2011].

Анализ российских данных позволил предложить новый подход и разработать методику идентификации моделей и методику прогнозирования экологического состояния территории на основе построения сценариев политики федеральных и региональных властей. Основой подхода является учет природоохранной деятельности через оценку влияния текущих затрат и инвестиций на природоохранную деятельность (затрат на охрану атмосферного воздуха, водоохранных и других). Особенностью является учет в модели разнонаправленных факторов. Основа методики – тщательный анализ данных через построение графиков, исследование лагов возможных зависимостей, построение простых зависимостей.

Предложенные функции загрязнения могут строиться по частным или комплексным экологическим показателям, для расчетов используются различные функции, например мультипликативная [Дружинин, Шкиперова, 2012]:

$$Z(t) = A(t) \times U_1^{\mu}(t) \times U_2^{-\eta}(t),$$

где: $Z(t)$ – исследуемый экологический показатель (абсолютная величина, или прирост за год); $U_1(t)$ – фактор, отражающий развитие экономики и, как правило, отрицательно влияющий на окружающую среду (ВВП, ВРП, инвестиции в экономику и др.); $U_2(t)$ – фактор, отражающий природоохранную деятельность и положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в охрану окружающей среды и др.); $A(t)$ – фактор, отражающий влияние структурных сдвигов (оценивается через экспоненту или через изменение структуры секторов); t – год; μ, η – константы (факторные эластичности).

Возможны и более сложные функции с переменной эластичностью по факторам. Функции могут быть трехфакторными, строиться по частным или комплексным экологическим показателям, могут выделять показатели, которые могут оказывать и положительное и отрицательное влияние, например:

$$Z(t) = A(t) \times U_1^{\mu}(t) \times U_2^{-\eta}(t) \times U_3^{\nu}(t),$$

где: $U_3(t)$ – фактор, отражающий изменение действующих производств (инвестиции в модернизацию производства и др.); t – год; μ, η и ν – константы (факторные эластичности).

По предложенным функциям были проведены расчеты по некоторым видам загрязнений (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы загрязненных сточных вод, образование отходов производства и потребления). В части расчетов использовались инвестиции, разделенные на три вида, – на новое строительство, на модернизацию и охрану окружающей среды, причем с учетом лагов.

Было введено понятие нейтрального экологического прогресса, выведены формулы, определяющие зависимость нейтрального экологического прогресса от модернизации и структурных сдвигов, и проведены расчеты по оценке влияния структурных сдвигов в экономике на динамику загрязнений. Нейтральный экологический прогресс $A(t)$ имеет две составляющие – активность модернизации в секторах, отражаемую через сумму соответствующих темпов секторов p_i с весами по доле загрязнений, и активность структурных сдвигов, отражаемую через разницу в темпах изменения факторов I_1 и I_2, факторные эластичности ε_1 и ε_2, и долю секторов в загрязнениях.

На основе произведенных расчетов были сделаны выводы о влиянии выделенных факторов, отражающих экономическую и экологическую политику на состояние окружающей среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Реформы 90-х годов привели к спаду практически во всех регионах России, но на Европейском Севере были свои особенности. Надо отметить, что предприятия северных территорий имеют существенно более высокие затраты, и соответственно предприятия должны иметь более высокую эффективность, прежде всего производительность труда и фондовооруженность. В СССР на Севере активно развивались все секторы, но опора была на добычу и первичную переработку сырья и эффективность данных отраслей была высокая. Соответственно и в целом показатели северных регионов были выше, чем остальных. К началу реформ северные регионы имели высокий удельный вес добывающих

отраслей промышленности, природоэксплуатирующую направленность экономики, экстремальные условия воспроизводства, слабо развитую социальную и производственную инфраструктуру.

Реформы 90-х годов привели к значительному спаду экономики, но в добывающих отраслях он был не столь значителен, как в перерабатывающих. Например, в Карелии промышленное производство к 1998 г. уменьшилось в два раза, сельскохозяйственное – в 2,5 раза, производство в легкой промышленности – примерно в 13 раз, ненамного лучше оказалось положение в машиностроении – спад примерно в пять раз и деревообрабатывающей промышленности – в 4,5 раза. В результате в структуре экономики выросла доля добывающих производств. В целом спад в экономике северных регионов был значительным, но несколько большим, чем в более южных регионах РФ (рис. 1). Фактически высокая и растущая доля добывающих производств привела к уменьшению спада во время кризиса 90-х годов [Дружинин, 2017].

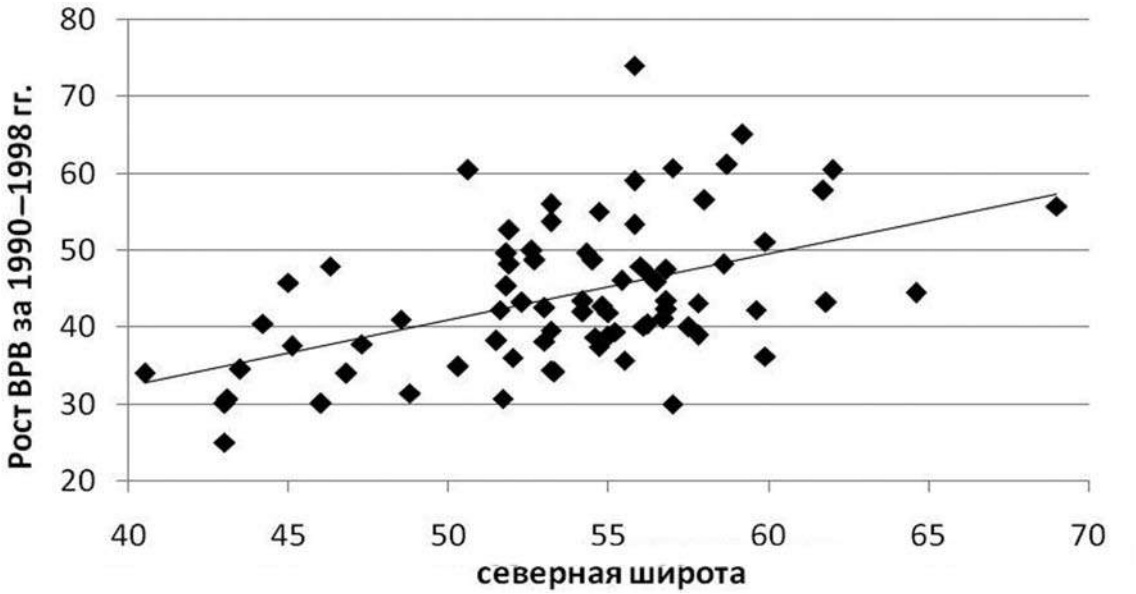


Рис. 1. Связь расположения региона и падения ВРП за 1991–1998 гг. (% к 1990 г.)
Fig. 1. Relationship between the location of the region and the fall in GRP for 1991–1998 (% of 1990)

В конце 90-х годов начался рост экономики, но добывающие отрасли не имеют возможностей для значительного роста, и в результате в период роста северные регионы растут медленнее, чем более южные. Ранее северные регионы имели определенные преимущества, а на стадии роста их преимущества стали недостатками, российские и региональные власти не смогли переориентировать свои усилия на развитие новых отраслей. В результате к 2014 г. только два региона водостока Белого моря из шести рассматриваемых вышли на уровень 1990 г., а ВРП трех регионов составляет в 2016 г. лишь 2/3 к уровню 1990 г. Более быстрые темпы роста российской экономики ведут к тому, что отставание экономики регионов водостока Белого моря увеличивается. Спад в экономике привел к непрекращающемуся оттоку населения, причем, чем севернее регион, тем быстрее там уменьшается население.

Региональная структура экономики водосбора Белого моря достаточно стабильна, лишь немного выросла доля Архангельской и Вологодской областей. В 2016 г. почти четверть суммарного ВРП приходилась на Республику Коми, немного меньше вклад Вологодской области, а минимальная доля, менее 10 %, у Республики Карелия.

Наибольшее влияние на состояние окружающей среды оказывает промышленность. Наиболее успешно развивалась промышленность Вологодской области, прежде всего предприятия металлургии, продукция которых экспортировалась. Также в середине 2000-х гг. резко выросло промышленное производство в Архангельской области за счет добычи углеводородов в Ненецком автономном округе. Остальные четыре региона не достигли уровня 1990 г. Самый серьезный спад производства был в периферийной Кировской области, почти наполовину в сравнении с 1990 г. (рис. 2).

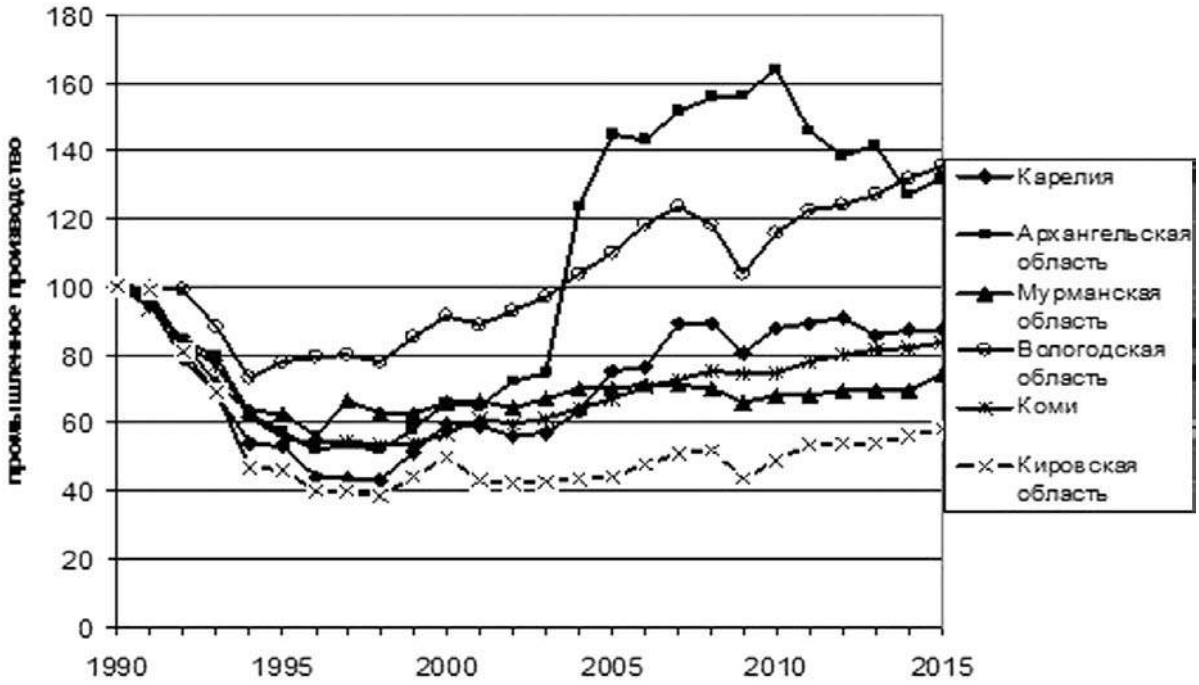


Рис. 2. Динамика промышленного производства по шести регионам, полностью или частично входящим в водосбор Белого моря (% к 1990 г.)
Fig. 2. Dynamics of industrial production in six regions, fully or partially entering the catchment area of the White Sea (% of 1990)

Промышленность хорошо развита в северных регионах, много добывающих предприятий и перерабатывающих природные ресурсы, более половины промышленного производства приходится на Вологодскую область и Республику Коми, в которых расположены крупнейшие в России металлургические предприятия, производится бумага, добываются нефть и уголь. Наименее промышленно развита Карелия – около 7 % суммарного промышленного производства. На водосборе Белого моря наиболее промышленно развиты более северные территории, более четверти промышленного производства приходится на южный берег Белого моря в Архангельской области (см. рис. 1). На карельском побережье старые производства закрылись в 90-х годах, остался только малый и средний бизнес. Примерно пятая часть производства находится в районе Хибин в Мурманской области (города Апатиты, Кировск, Мончегорск, Оленегорск, Полярные зори). Также крупный промышленный центр – Сыктывкар. Практически отсутствует промышленность в северных районах Кировской области – 0,2 % суммарного промышленного производства водосбора Белого моря.

Северная природа уязвима, медленно и долго восстанавливается после вмешательства человека, что требует высоких затрат на природоохранные мероприятия. Уменьшение воздействия на окружающую среду происходит медленно, например, выбросы

в атмосферу, отходящие от стационарных источников уменьшились за последние 10 лет лишь на 20 %. Сбросы загрязненных сточных вод уменьшились за десять лет еще меньше – на 16 %.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу уменьшились у всех шести регионов (рис. 3). Более чем в три раза сократились выбросы в Карелии, чуть меньше – в Кировской области, и всего на одну треть – в Республике Коми. В последнее десятилетие в некоторых регионах выбросы не уменьшаются. Выбросы в атмосферу в северных регионах достаточно значительные, поскольку существенную часть экономики рассматриваемых регионов составляют металлургия, энергетика и целлюлозно-бумажная промышленность. Больше половины выбросов приходится на два региона – Вологодскую область и Республику Коми.

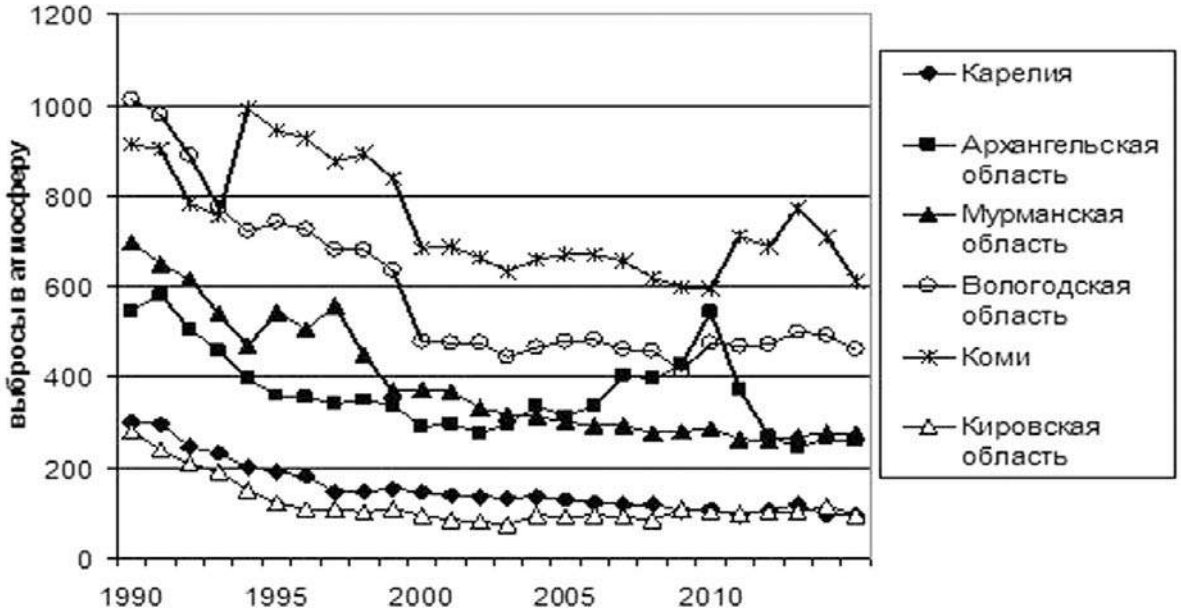


Рис. 3. Динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ,
отходящих от стационарных источников шести регионов,
полностью или частично входящих в водосбор Белого моря (тыс. т)
Fig. 3. Dynamics of air emissions of pollutants from stationary sources in six regions,
wholly or partly entering the catchment area of the White Sea (thousand tons)

Построенные карты позволили наглядно представить зоны, в которых промышленные и другие предприятия оказывают наибольшее воздействие на окружающую среду. По выбросам загрязняющих веществ выделяются города Костомукша, Архангельск и Северодвинск и полоса районов с лесоперерабатывающими предприятиями от Грязовецкого района в Вологодской области до Княжпогостского района в Республике Коми. Также значительны выбросы в Сегеже (Карелия) и в городах Хибин (рис. 4).

На рис. 5 представлена зависимость выбросов в атмосферу от стационарных источников от динамики ВРП Республики Карелия. В 1990–1998 гг. падение ВРП сопровождается заметным снижением выбросов, с началом роста экономики не начался рост выбросов, что связано с модернизацией экономике и ростом вложений в охрану атмосферного воздуха. В 2009 г. рост экономики закончился, замедлились темпы модернизации, снизились вложения в охрану атмосферного воздуха и выбросы в атмосферу в 2016 г. были почти на уровне 2007–2008 гг.

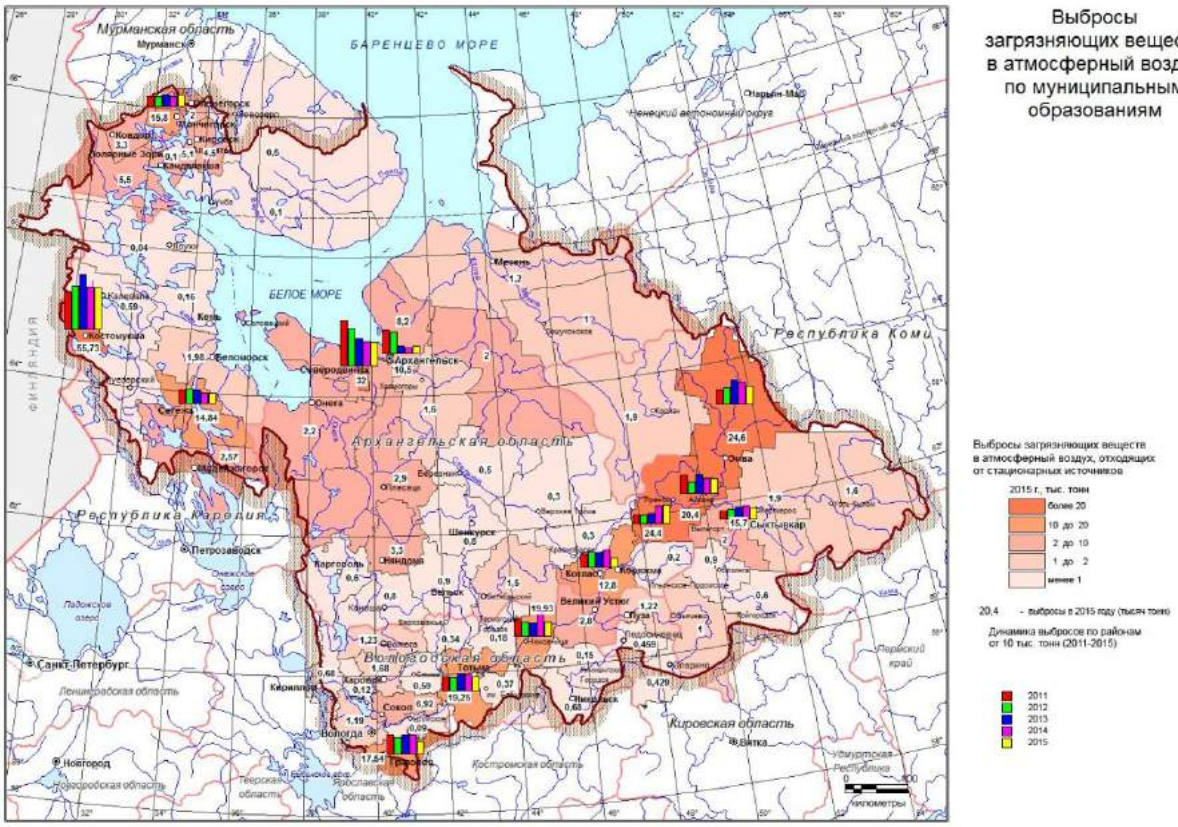


Рис. 4. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ,
отходящих от стационарных источников по водосбору Белого моря
Fig. 4. Emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources along
the watershed of the White Sea

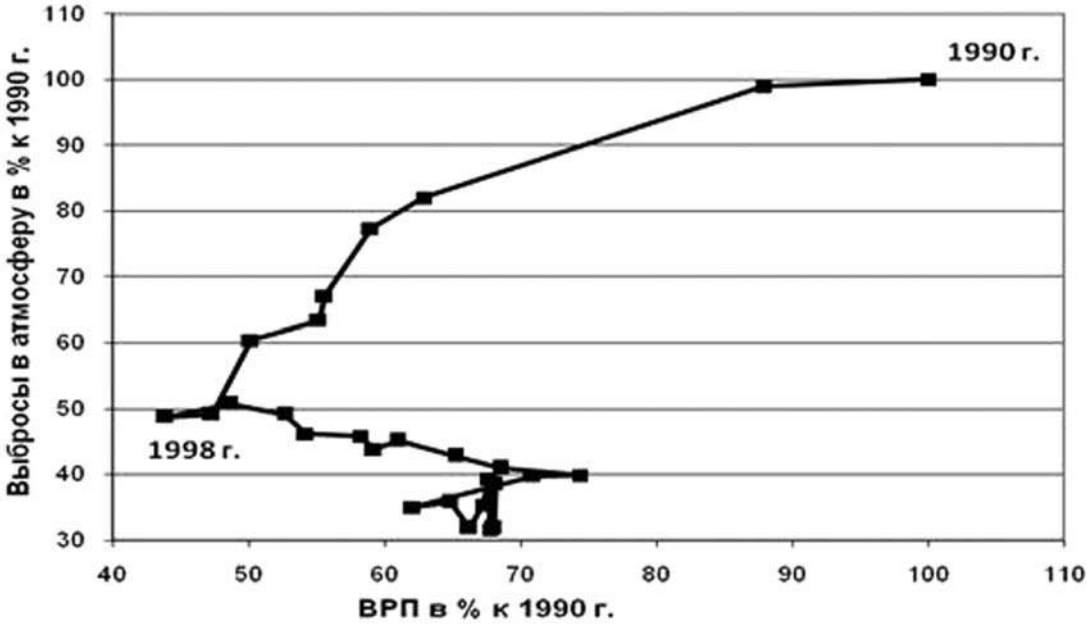


Рис. 5. Зависимость выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих
от стационарных источников от динамики ВРП Карелия в 1990–2016 гг. (% к 1990 г.)
Fig. 5. Dependence of atmospheric emissions of pollutants that depart from stationary sources
on the dynamics of GRP of the Republic of Karelia in 1990–2016 (% to 1990)

По разработанным моделям проводились расчеты для регионов, которые позволили оценить влияние развития экономики на окружающую среду. Расчеты по РК по выбросам в атмосферу с 1998 г. показали, что рост экономики на 1 % увеличивает выбросы на 0,26 %, рост инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1 % снижает выбросы на 0,006 %. Расчеты влияния структурных сдвигов проводились при выделении трех секторов, два из которых имеют наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу – производство бумаги и добыча полезных ископаемых. В результате нейтральный экологический прогресс от –3,1 % в конце 90-х годов постепенно меняется до –5,2 %, структурные сдвиги определяют уменьшение выбросов в атмосферу, затем их влияние ослабевает до –0,2 %.

Использование свежей воды во всех регионах сокращается, более заметно в 90-х годах. В целом за 25 лет потребление свежей воды уменьшилось примерно в 2,5 раза в Кировской и Вологодской областях и лишь на 40 % в Республике Коми.

Динамика сбросов загрязненных сточных вод отличается от других показателей (рис. 6). Основное снижение сбросов приходится на начало 90-х годов, по сравнению с 1995 г. в Карелии сбросы не уменьшились, а в Мурманской области даже выросли.

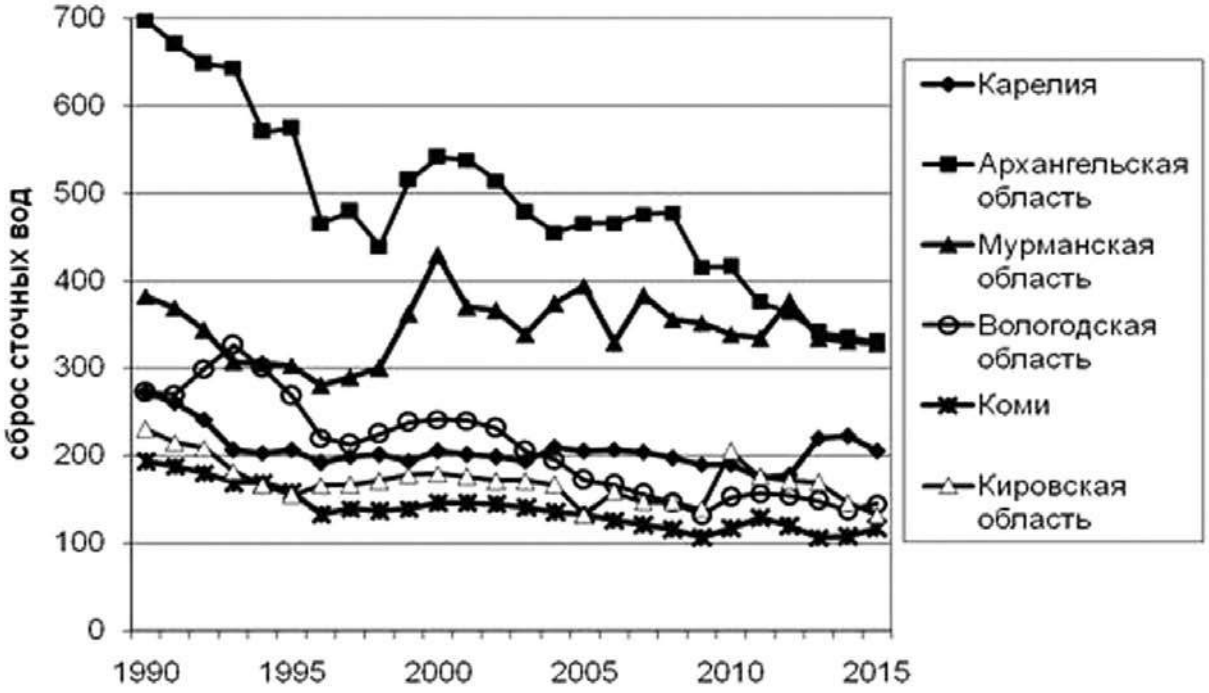


Рис. 6. Динамика сбросов загрязненных сточных вод в шести регионах, полностью или частично входящих в водосбор Белого моря (млн куб. м)
Fig. 6. The dynamics of discharges of polluted sewage in six regions, fully or partially entering the catchment area of the White Sea (million cubic meters)

Сбросы сточных вод связаны в первую очередь с деятельность производителей бумаги и целлюлозы. В данном случае выделяются два других региона – Архангельская и Мурманская области. Сброс загрязненных сточных вод связан с деятельностью предприятий металлургии и лесопереработки, прежде всего производства бумаги. К сожалению, не удалось получить данные по городам Мурманской области. Наибольший объем сброса загрязненных сточных вод приходится на Коряжму, Сыктывкар, Вологду, Сегежу, Северодвинск, Новодвинск, Костомукшу, Сокол и Архангельск. На остальной территории водосбора сбросы загрязненных сточных вод намного меньше.

Расчеты для сбросов загрязненных вод по экономике Карелии показали, что рост экономики на 1 % увеличивает сбросы на 0,35 %, рост водоохранных инвестиций на 1 % снижает сбросы на 0,006 %. Оценка влияния структурных сдвигов проводились по тем же трем секторам. Нейтральный экологический прогресс определял снижение сбросов, но постепенно он уменьшает свое положительное влияние, меняясь от –5 до –1 %.

ВЫВОДЫ

Водосбор Белого моря охватывает северные и периферийные регионы страны, развитие которых зависит от наличия востребованных и доступных природных ресурсов. Соответственно основу экономики более северных регионов составляет добыча природных ресурсов – нефти, газа, угля и металлов и их первичная переработка. В более южных регионах расположены перерабатывающие предприятия, прежде всего металлургические и целлюлозно-бумажные. Соответственно расположенные на территориях, входящих в водосбор Белого моря, предприятия оказывают заметное влияние на окружающую среду. По большинству показателей экологическая ситуация улучшается, но сбросы загрязненных сточных вод в нескольких регионах за последние 20 лет не уменьшились.

Экономическое развитие водосбора Белого моря происходит медленнее, чем РФ в целом. Изменение экономической политики определяло эколого-экономические процессы, на графиках выделяются три периода – 1990–1998, 1999–2008 и 2009–2016 гг., когда меняется вид зависимости экологических показателей от экономических. В первом периоде спад экономики определял динамику экологических показателей, наилучшие характеристики оказались у однофакторного уравнения. Во втором периоде влияние роста экономики компенсировалось вложениями в модернизацию экономики и природоохранными инвестициями и экологические показатели медленно улучшались. Также положительное влияние оказывали структурные сдвиги в экономике. В третьем периоде уменьшились вложения в модернизацию предприятий и охрану природы, в результате, несмотря на незначительный экономический рост у части регионов ухудшились экологические показатели. Построенные карты позволили выделить неблагополучные территории и части Белого моря, наиболее подверженные отрицательным воздействиям экономических объектов.

На основе анализа графиков и карт были построены модели, позволившие оценить влияние развития экономики регионов на окружающую среду. Проведенные исследования показали, что структурные сдвиги, модернизация экономики и природоохранные инвестиции ведут к снижению уровня загрязнений. Уровень загрязнений по российским регионам определяется в первую очередь степенью развития экономики региона и ее структурой – долей промышленности в ВРП.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Исследование влияния развития экономики российских регионов на окружающую среду» № 17-02-00449а.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-02-00449a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. Петрозаводск: ИВПС КарНЦ РАН, 2007. 335 с.
2. *Гранберг А.Г.* Макроэкономика Европейского Севера России // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2002. № 4. С. 3–10.
3. *Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т.* Эколого-экономические модели и прогнозы в системе регионального управления // Проблемы прогнозирования. 2012. № 1. С. 88–97.
4. *Дружинин П.В.* Развитие северных территорий под влиянием внешних шоков // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 1. С. 4–16.
5. *Жаров В.С., Иванова М.В.* Проблемы управления социально-экономическим развитием регионов Арктики // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 393–400.
6. *Лаженцев В.Н.* Север России: альтернативы на будущее // Современные производительные силы. 2013. № 2. С. 115–124.
7. *Маслобоев В.А.* Обеспечение экологической безопасности арктических коммуникаций // Национальные интересы России и экономика морских коммуникаций в Арктике. Материалы V Всерос. морской науч.-практ. конф. Мурманский государственный технический университет. 2014. С. 27–30.
8. *Селин В.С., Цукерман В.А.* Инновационные тенденции как фактор обеспечения устойчивого развития экономики Севера // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010. № 1. С. 88–94.
9. *Татаркин А.И., Логинов В.Г.* Оценка природно-ресурсного и производственного потенциала северных и арктических районов: состояние и перспективы использования // Проблемы прогнозирования. 2015. № 1. С. 33–44.
10. *Харитонова Г.Н.* Управление природоохранными проектами в северном субъекте федерации: проблемы и решения // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 4. С. 170–178.
11. *Шевчук А.В.* Эколого-экономические аспекты ликвидации накопленного ущерба в Арктической зоне Российской Федерации // Природообустройство. 2013. № 5. С. 80–83.
12. *Cole M.A., Neumayer E.* Examining the impact of demographic factors on air pollution // Population and Development Review. 2004. V. 2 (1). P. 5–21.
13. *Cramer C.J.* Population growth and air quality in California // Demography. 1998. V. 35 (1). P. 45–56.
14. *Dietz T., Rosa E.A.* Rethinking the environmental impact of population, affluence and technology // Human Ecology Review. 1994. V. 1. P. 277–300.
15. *Dietz T., Rosa E.A.* Effects of population and affluence on CO_2 emissions // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1997. V. 94 (1). P. 175–179.
16. *Martínez-Zarzoso I., Maruotti A.* The impact of urbanization on CO_2 emissions: Evidence from developing countries // Ecological Economics. 2011. V. 70. P. 1344–1353.
17. *York R., Rosa E.A., Dietz T.* STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts // Ecological Economics. 2003. V. 46 (3). P. 351–365.

REFERENCES

1. *Cole M.A., Neumayer E.* Examining the impact of demographic factors on air pollution. Population and Development Review. 2004. V. 2 (1). P. 5–21.
2. *Cramer C.J.* Population growth and air quality in California. Demography. 1998. V. 35 (1). P. 45–56.

3. *Dietz T., Rosa E.A.* Rethinking the environmental impact of population, affluence and technology. Human Ecology Review. 1994. V. 1. P. 277–300.
4. *Dietz T., Rosa E.A.* Effects of population and affluence on CO_2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1997. V. 94 (1). P. 175–179.
5. *Druzhinin P.V., Shkiperova G.T.* Ecological and Economic Models and Predictions in the Regional Management System. Studies on Russian Economic Development. 2012. No 1, V. 23. P. 66–72 (in Russian).
6. *Druzhinin P.V.* Razvitie severnyh territorij pod vlijaniem vneshnih shokov [Development of northern territories under the influence of external shocks]. North and the market: forming the economic order. 2017. No 1. P. 4–16 (in Russian).
7. *Granberg A.G.* Makroekonomika Evropeiskogo severa Rossii [Macroeconomics of the European North of Russia]. The Economy of the North-West: Problems and Development Prospects, 2002. No 4. P. 3–10 (in Russian).
8. *Haritonova G.N.* Management of environmental projects in the northern region of the federation: problems and solutions. North and the market: forming the economic order. 2017. No 4. P. 170–178 (in Russian).
9. *Lazhentsev V.N.* North of Russia: alternatives for the future. Modern productive forces. 2013. No 2. P. 115–124 (in Russian).
10. *Martínez-Zarzoso I., Maruotti A.* The impact of urbanization on CO_2 emissions: Evidence from developing countries. Ecological Economics. 2011. V. 70. P. 1344–1353.
11. *Masloboev V.A.* Ensuring the environmental safety of Arctic communications. National interests of Russia and the economy of marine communications in the Arctic. Materials of the V Russian Scientific Conference. MGTU, 2014. P. 27–30 (in Russian).
12. *Selin V.S., Tsukerman V.A.* Innovative tendencies as a factor in ensuring sustainable development of the economy of the North. Vestnik Kola Science Center, RAS. 2010. No 1. P. 88–94 (in Russian).
13. *Shevchuk A.V.* Ecological and economic aspects of liquidation of accumulated damage in the Arctic zone of the Russian Federation. Environmental Engineering. 2013. No 5. P. 80–83 (in Russian).
14. *Tatarkin A.I., Loginov V.G.* Estimation of potential for natural resources and production in northern and arctic areas: conditions and prospects of use. Studies on Russian Economic Development. 2015. No 1. P. 22–31 (in Russian).
15. The White Sea and its catchment area under the influence of climatic and anthropogenic factors. Petrozavodsk: IPSK KarRC RAS, 2007. 335 p. (in Russian).
16. *York R., Rosa E.A., Dietz T.* STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. Ecological Economics. 2003. V. 46 (3). P. 351–365.
17. *Zharov V.S., Ivanova M.V.* Problems of managing the socio-economic development of the regions of the Arctic. Bulletin of the Murmansk state shock technical university. 2015. No 3. P. 393–400 (in Russian).

УДК 911.9

Кочуров Б.И.[1], Карандеев А.Ю.[2]

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТОЧНОГО ВЕКТОРНОГО ГИС-АНАЛИЗА

АННОТАЦИЯ

В статье приводится обоснование применения сеточного векторного анализа для геоэкологического картирования и оценки городских территорий на основе данных, собираемых в инфраструктуре геоэкологических данных. В основе оценки предлагается использовать концепцию геоэкосоциосистемы, предполагающей сбалансированное развитие с помощью достижения эколого-хозяйственного баланса. Алгоритм проведения геоэкологической оценки можно разделить на несколько аналитических потоков и связанных с ними ключевых исследований. Итоговая геоэкологическая оценка будет являться синтезирующим показателем, учитывающим загрязнение сред, степень преобразования природных экосистем, наличие и развитость природно-экологического каркаса. Для геоэкологической оценки был выбран балльный подход, в котором каждому параметру присваивался балл от 0 до 10. Баллы суммировались с учетом коэффициентного значения соответствующего влиятельности (вкладу) параметра. Предлагается формула расчета параметров тайлов (ячеек) сетки, набор параметров и другие аспекты применения сеточного анализа. Данные о природно-экологическом каркасе и развитии города, а также открытые источники базовой и экологической информации позволили сформировать пример инфраструктуры геоэкологических данных, с помощью которой выполнялась оценка. Для исследования была выбрана территория, охватывающая г. Липецк и пригороды. Эта территория была покрыта векторной сетью с ячейками размером 50 × 50 м. Для каждой ячейки анализировалось антропогенное преобразование площади ячейки, расположение относительно улиц, разделенных по трем категориям (основные, второстепенные и грунтовые), удаленность от основных источников атмосферных загрязняющих выбросов, территорий промышленных предприятий, особо охраняемых природных территорий и элементов природно-экологического каркаса. На исследуемой территории участки с неблагоприятным геоэкологическим состоянием составили 9,48 % (16 600 га). К относительно благоприятным могут быть отнесены 21,74 % территории (38 000 га). Удовлетворительное состояние наблюдается у 68,78 % территории (120 400 га).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоэкологическая оценка, геоинформационные системы, инфраструктура геоэкологических данных, сеточный анализ.

[1] ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», Старомонетный пер., д. 29, 119017, Москва, Россия, *e-mail:* **info@ecoregion.ru**

[2] ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», ул. Ленина, д. 42, 398020, Липецк, Россия, *e-mail:* **aykarandeev@gmail.com**

Boris I. Kochurov[1], Alexander Yu. Karandeev[2]

URBAN SPACE GEOECOLOGICAL MAPPING AND ASSESSMENT WITH VECTOR FISHNET GIS ANALYSIS

ABSTRACT

This article represents applying vector fishnet GIS analysis in urban geoecological assessment and mapping based on information that are collected in geoecological data infrastructure. As a basis for geoecological assessment, authors propose geoecosociosystem conception that claims a balance between economic development and ecological improvement as a tool for sustainable development. The algorithm of assessment can be split on a few analytics flows and related key research. Points assessment method was chosen by authors for geoecological assessment. Points from 0 to 10 for each characters was summing with weight coefficient. Final result is sum point that includes characters of ecological network, pollution of the environment and transformation of natural ecosystems. Authors propose a formula for point's calculation of cell (tile) characteristics, list of characteristics and other aspects of fishnet GIS analysis. For research was chosen an area of Lipetsk city and its suburbs. The prototype of geoecological data infrastructure was built on information about ecological network, history of city development and open spatial basic data and ecological data. The area was covered by vector fishnet with 50 × 50 meter cells. For each cell was calculate a point of anthropogenic transformation of cell's area, distance to streets, which split to 3 categories: main, secondary and unpaved, distance to sources of atmosphere emissions, distant to industry area, distance to natural protected area and distance to elements of ecological network. 68.78 % (120,400 ha) of the area has satisfactory geoecological condition, 21.74 % (38,000 ha) has good condition and 9.48 % (16,600 ha) has poor geoecological condition.

KEYWORDS: ecological assessment, geoecological assessment, geoinformation system, data infrastructure, fishnet analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Современные города – это растущие и быстро изменяющиеся системы, требующие периодически проводимой оценки геоэкологического состояния. Объективная геоэкологическая оценка – необходимый залог для устойчивого и стабильного развития территорий, невозможна без учета разнообразных факторов, представленных многочисленными параметрами. Сегодня накоплена огромная масса статистической картографической аналитической и другой информации, которая может стать базой для комплексного анализа экологических проблем города и их своевременного решения. Важной составляющей этого информационного массива для оценки может стать информация о природно-экологическом каркасе территории, так как он позволяет достичь приемлемого эколого-хозяйственного баланса и сформировать устойчивые природно-хозяйственные системы (геоэкосоциосистемы). Особо остро проблема формирования природно-экологического каркаса стоит перед урбанизированными территориями. Город и пригородные территории нуждаются не только во внешнем зеленом поясе, но и в экологических коридорах внутренней структуры каркаса.

[1] Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetny per., 119017, Moscow, Russia, *e-mail:* **info@ecoregion.ru**

[2] Pyotr Semyonov-Tyan-Shansky Lipetsk State Pedagogical University, 42 Lenin str., 398020, Lipetsk, Russia, *e-mail:* **aykarandeev@gmail.com**

Информационные технологии позволяют с большей эффективностью проводить оценку экологического состояния территория города. Они дают возможность свести всю разнородную информацию об экологическом состоянии города в единую доступную для использования систему данных. Кроме того, с помощью информационных технологии, открытых данных и общественных инициатив научное сообщество может оперативно представлять результаты своих исследований и участвовать в процессе управления городом.

Для доступа и анализа больших массивов информации, необходимой для геоэкологической оценки, создаются информационные инфраструктуры [Тикунов, 2010]. В России, Организации Объединенных Наций, Европейском союзе и других странах ставится вопрос о разработке современных инструментов для работы со все увеличивающимся объемом информации. В результате ряда инициатив появилась Система общей экологической информации (SEIS) в ЕС и Портал экологических данных (EDG) в США. В стратегии развития научной базы UNEP говорится о необходимости разработки инфраструктуры экологических данных. Чаще всего в этих инициативах подразумеваются геоэкологические данные, которые тесно связаны с информацией о конкретной территории. Поэтому актуальным становится вопрос о создании и развитии инфраструктуры геоэкологических данных на региональном и муниципальном уровне управления. Инфраструктура геоэкологических данных должна объединять в единый массив разнородную информацию (результаты научно-исследовательских работ, данные природных кадастров, нормативно-экологические сведения и др.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценку геоэкологического состояния урбанизированных территорий можно рассматривать как один из примеров стратегической экологической оценки, направленной на выработку долговременной стратегии устойчивого развития территории. В основе оценки предлагается использовать концепцию геоэкосоциосистемы [Кочуров, 1999, 2003], предполагающей сбалансированное развитие с помощью достижения эколого-хозяйственного баланса. Опираясь на эту концепцию, можно предложить несколько основных показателей, позволяющих оценить геоэкосоциосистемы:

– показатели, характеризующие целостность, единство и структуру природно-экологического каркаса даст возможность оценить экологический фонд территории, запас и потенциал для ее развития;

– показатели степени антропогенного преобразования, которые характеризует современное состояние территории и экономическую стоимость преобразования или нового строительства;

– показатели загрязнение сред стационарными промышленными объектами и транспортом;

– показатели степени благоприятности окружающей среды, которая создается с помощью ландшафтно-архитектурной планировки.

Алгоритм проведения геоэкологической оценки можно разделить на несколько аналитических потоков и связанных с ними ключевых исследований (рис. 1):

1. Выделение природно-экологического каркаса – выполняется для оценки экологического фонда территории.

2. Разработка историко-географической модели изменения городской территории для оценки антропогенного преобразования.

3. Выявление и анализ основных источников загрязнения на территории для анализа оценки экологических проблем.

Рис. 1. Алгоритм оценки геоэкологического состояния урбанизированных территорий
Fig. 1. The algorithm of geoecological assessment of urban space

Итоговая геоэкологическая оценка будет являться синтезирующим показателем, учитывающим загрязнение сред, степень преобразования природных экосистем, наличие и развитость природно-экологического каркаса (табл. 1). Применяемый подход к оценке удобен для реализации в управлении городом, так как предоставляет синтезирующий инструмент, способный объединить разнородную информацию. С другой стороны, оценка с помощью основных показателей будет стимулировать управленческие решения, ведущие к развитию природно-экологического каркаса, созданию благоприятной среды внутри города и снижению загрязняющих выбросов.

Таблица 1. Группы показателей для оценки геоэкологического состояния
Table 1. Groups of variables for geoecological assessment

Группы показателей	**Необходимые источнике официальных данных**	**Обозначение в формуле**
Расположение относительно ООПТ	Кадастр ООПТ, данные научных исследований	**Поопт**
Расположение относительно элементов природно-экологического каркаса	Кадастр ООПТ, Градо-строительный кадастр и др.	**Ппэк**
Расположение относительно стационарных источников выбросов, с учетом их интенсивности	ОВОС, ПДВ, ПДС и др.	**Псив**
Расположение относительно промышленных предприятий	Картматериалы, ДДЗ и др.	**Ппп**
Расположение относительно транспортных магистралей, с учетом интенсивности выбросов	Картматериалы, ДДЗ и др.	**Пт**
Степень антропогенного преобразования	Данные научных исследований и др.	**Пап**

Для геоэкологической оценки был выбран балльный подход, в котором каждому параметру присваивался балл от 0 до 10. Выбор балльной оценки обусловлен необходимостью сведения величин разной сущности в единый показатель. К примеру, синтезирующий показатель – степень антропогенного преобразования – получается путем суммирования баллов характеризующих площадь ячейки занятую строениями, дорогами, подземными коммуникациями, зелеными насаждениями с показателем, характеризующим возраст урболандшафта. В дальнейшем баллы суммировались в итоговую оценку с учетом коэффициентного значения соответствующего влиянию (вкладу) параметра.

Итоговая оценка приводилась к балльному значению от 0 до 10 и может быть представлена в виде общей формулы:

$$\mathbf{ЭО = (((Поопт*К) + (Ппэк*К) + (Псив*К) + (Ппп*К) + Пт + Пап + Пз)/ Пмакс)*10,}$$

где: **ЭО** – оценка геоэкологического состояния; **К** – весовые коэффициенты показателя; **Пмакс** – максимальная сумма баллов для данной территории; др. показатели приведены в табл. 1.

Для расчета показателей для урбанизированных территорий целесообразно использовать анализ на основе регулярной сетки. Растровый сеточный (grid) анализ в настоящее время применяется достаточно широко [Коновалова, 2011; Кесорецких, Зотов 2012; Haworth et al., 2013; ThiLoi et al., 2015]. Отдельно выделяется система моделирования UrbanSIM [Waddell, 2000, 2002]. Но следует отметить, что анализ на основе векторной сетки (fishnet) имеет свои преимущества, которые сочетаются с возможностями растрового анализа:

1. Использование ячейки сетки, как основы оценки, позволяет проводить крупномасштабный анализ территории;
2. Ячейка может накапливать характеристики, таким образом, выступая аналогом операционной единицы территории;
3. По ячейкам можно проводить кластерный анализ, выделяя закономерно формирующиеся области;
4. Ячейки позволяют анализировать расположение относительно других объектов, плотность и площадь покрытия явления внутри ячейки.

Как показывает международный опыт анализа спутниковых изображений Landsat, наиболее оптимальным для анализа является пространственное разрешение ячейки 30–15 м. Однако даже для небольшой территории, вычисления с таким пространственным разрешением требует высоких вычислительных ресурсов. Поэтому, для исследования города была выбрана сеть с ячейкой размером 50 × 50 м, которая обеспечивает необходимую достоверность и не требует специальных компьютерных ресурсов.

Выполнение оценки геоэкологического состояния по вышеприведенной формуле можно организовать, только объединив разнородные геоэкологические данные, включая научные исследования, в единую инфраструктуру геоэкологической информации [Карандеев, 2007]. На основании реализованных с участием автора информационных проектов можно предложить общую схему организации информации в инфраструктуре геоэкологических данных (рис. 2), которая включает в себя:

– базовые данные в виде баз данных кадастров, генерального плана города, пространственных данных и др.;
– нормативно-экологические данные (ОВОС, тома ПДВ и прочее);
– научно-исследовательские работы, такие как анализ природно-экологического каркаса, оценка экологического состояния и др.

Рис. 2. Схема организации информации в инфраструктуре геоэкологических данных
Fig. 2. Geoecological data infrastructure schematic architecture

Универсальная схема взаимодействия с инфраструктурой геоэкологической данных при выполнении работ подразумевает постоянный информационный обмен всех взаимосвязанных участников проекта. Одним из наиболее важных моментов является открытость информации для пользователей. Как показывает практика создания инфраструктурных проектов в Российской Федерации, к примеру, публичной кадастровой карты, исполнители неохотно идут на создание открытого информационного обмена. Отсутствие открытого информационного обмена может приводить к тому, что проект будет выполнен некачественно и неверные данные поступят в инфраструктуру [FEENEY, 2001]. Поэтому уже на стадии проектирования необходимо различать уровни вовлечения данных. Уровни включения информации в инфраструктуру (табл. 2) различаются по доступности (публичная и ограниченная к доступу) и по полноте информации (метаданные, описательная информация, карты и модели).

Таблица 2. Информационные уровни инфраструктуры геоэкологических данных
Table 2. Levels of information involved in geoecological data infrastructure

Уровень включения информации в инфраструктуру	**Публичная (открытая) информация**	**Информация с ограниченным доступом**
Метаданные	Электронные каталоги библиотек, публичные сетевые ресурсы	Архивы проектных организаций, промышленных предприятий, органов управления, закрытая информация
Информационный обмен с природными кадастрами и другими информационными инфраструктурами	Публичная кадастровая карта, кадастр ООПТ, лесной план и др.	Инфраструктура пространственных данных, градостроительный кадастр и др.
Научно-исследовательские проекты, не имеющие пространственных данных	Научно-исследовательские проекты, выполненные в вузах и НИИ	Научно-исследовательские проекты, выполненные в вузах и НИИ, выполненные в рамках хозяйственно-договорных работ, ОВОС, ПДВ и др.
Геоэкологические карты, в том числе геоинформационные модели	Научно-исследовательские проекты, выполненные в вузах и НИИ	Научно-исследовательские проекты, выполненные в вузах и НИИ, выполненные в рамках хозяйственно-договорных работ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные о природно-экологическом каркасе и развитии города, а также научные исследования [Аничкина, 2011; Карандеев, 2012; Anichkina et al., 2016], открытые источники базовой и экологической информации позволили сформировать пример инфраструктуры геоэкологических данных. На основе инфраструктуры данных была проведена оценка геоэкологического состояния г. Липецка. Для этого была выбрана территория, охватывающая город и пригороды. Эта территория была разбита на ячейки размером 50 × 50 м (рис. 3). Для каждой ячейки анализировалось антропогенное преобразование площади ячейки, расположение относительно улиц, разделенных по трем категориям (основные, второстепенные и грунтовые), удаленность от основных источников атмосферных загрязняющих выбросов, территорий промышленных предприятий, особо охраняемых природных территорий и элементов природно-экологического каркаса.

Оценка антропогенного преобразования выполнялась по площадной или линейной плотности подземных коммуникаций (канализация, водопровод, кабели и пр.), строений, дорожных сооружений. Дополнительными параметрами выступали тип использования земель и возраст урбанизированных ландшафтов. К сильно преобразованным относится 3,6 % территории (6 300 га). Среднепреобразованных территорий 48,8 % (85 400 га) и слабопреобразованных 47,6 % (83 300 га). В наибольшей степени антропогенному преобразованию подверглись, помимо карьеров и отвалов, территории некоторых промышленных предприятий. В селитебных районах города также ощущается недостаток природных компонентов.

Оценка геоэкологического состояния Липецка (рис. 3) выполнялась с учетом основных стационарных источников загрязнения. Предприятиями г. Липецка в 2012 г. выброшено в атмосферный воздух 290 тыс. т загрязняющих веществ. Максимальный вклад в загрязнение атмосферы внесли ОАО «НЛМК» – 277,16 тыс. т и ОАО «Липецкцемент» – 9,6 тыс. т.

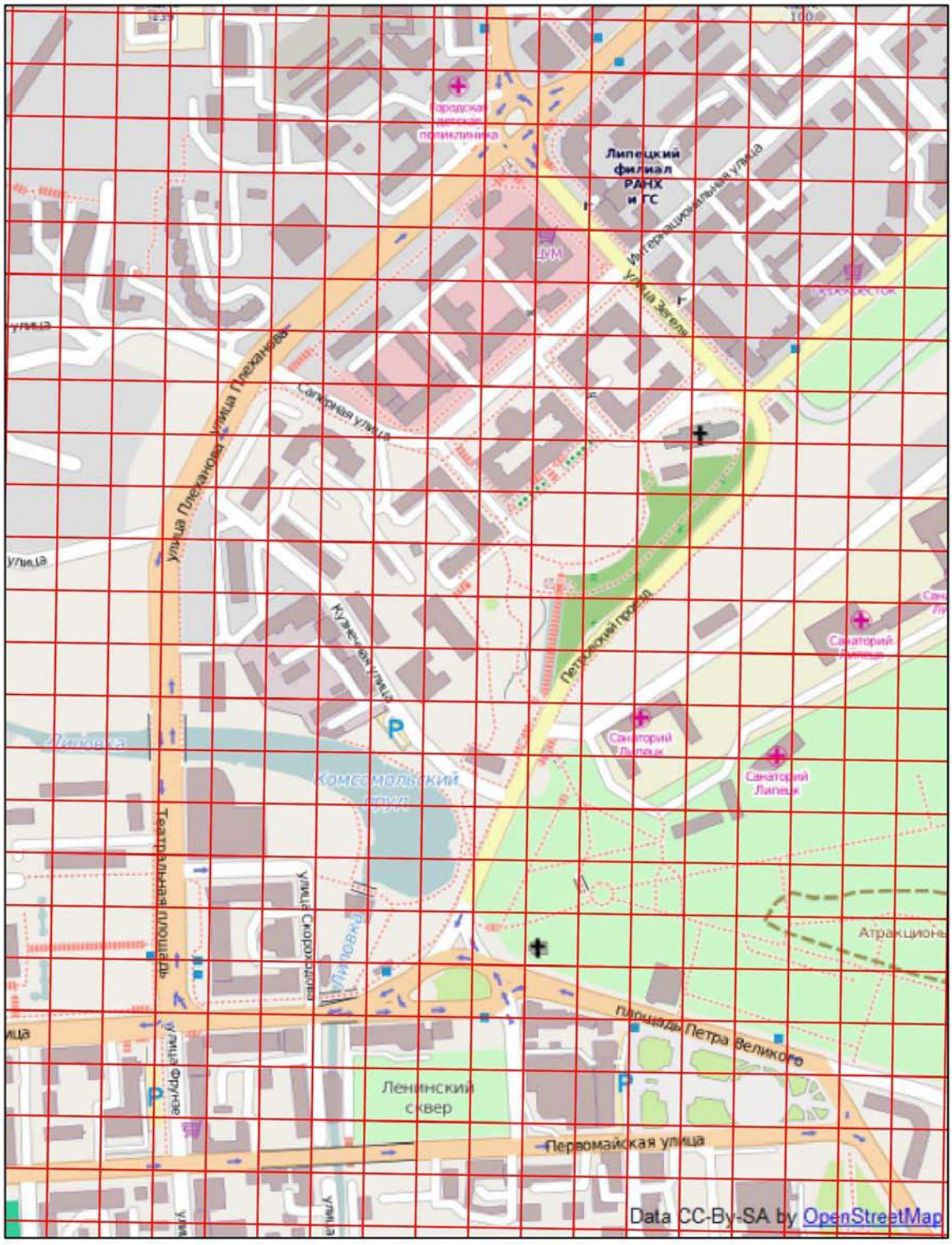


Рис. 3. Покрытие сети 50 × 50 м на центральную часть города
Fig. 3. Coverage of 50 Meters Fishnet on Central of Lipetsk

Также рассматривалось загрязнение от транспорта. Выбросы загрязняющих веществ с отработанными газами в 2012 г. составили 121,4 тыс. т. Большие объемы выбросов загрязняющих веществ и их значительное влияние на геоэкологическое состояние территории позволило использовать весовой коэффициент равный двум для показателей удаленности от источников загрязнения.

Элементы природно-экологического каркаса расположены в основном на левом берегу и обладают большей целостностью структуры. Поэтому для оценки их влияния был также введен коэффициент, равный двум.

Территории с неблагоприятным геоэкологическим состоянием на исследуемой территории составили 9,48 % (16 600 га). К относительно благоприятным могут быть отнесены 21,74 % территории (38 000 га). Удовлетворительное состояние наблюдается у 68,78 % территории (120 400 га).

Рис. 4. Геоэкологическое состояние территории г. Липецка
Fig. 4. Geoecological assessment of Lipetsk

Неблагоприятное геоэкологическое состояние складывается на промышленных и прилегающих к ним территориях левого берега р. Воронеж, а также в центре города. Во многом это обусловливается большими объемами выбросов ОАО «НЛМК».

Центр города не удален в достаточной мере от основного источника выбросов – площадки для охлаждения кокса. Помимо этого основные транспортные потоки проходят через центр и осложняют ситуацию с выбросами загрязняющих веществ. Поэтому, несмотря на наличие ООПТ и большой массив парковой зоны, в центре города геоэкологическое

состояние в целом неблагоприятное. Селитебные территории более мозаичны и их состояние в большей мере определяется степенью антропогенного преобразования и удаленностью от основных магистральных улиц. В центре микрорайонов, как правило, наблюдается удовлетворительное состояние, если внутри них организованы зеленые дворовые территории. Дополнительным положительным фактором являются парки и скверы (рис. 4).

ВЫВОДЫ

Созданная с использованием ГИС-технологий проектная инфраструктура геоэкологических данных и геоинформационные модели г. Липецка – комплексный и эффективный инструмент для учета и анализа экологических социальных и градостроительных проблем урбанизированных территорий. Инфраструктура является альтернативой существующим в городе отраслевым информационным системам, которые не всегда сопоставимы и часто противоречивы. Векторный сеточный ГИС-анализ на основе инфраструктуры геоэкологических данных предоставил возможность оперативно моделировать и оценивать возможные последствия градостроительных и планировочных решений. Методика оценки геоэкологического состояния урбанизированных территорий, включающая ряд последовательных научно-исследовательских процедур (выделение природно-экологического каркаса, создание эколого-исторической модели развития территории и установление основных источников загрязнения городской среды), позволяет выполнить геоэкологическое картирование городского пространства с возможностью прогноза влияния изменений среды города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аничкина Н.В.* Природно-ресурсное обоснование развития территории города Липецка // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества материалы II заочной Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти Т.Л. Ишуковой. 2011. С. 169–178.
2. *Карандеев А.Ю.* Историко-географическая геоинформационная модель развития г. Липецка // Проблемы региональной экологии. М.: ИД «Камертон», 2012. № 3. С. 150–152.
3. *Карандеев А.Ю.* Моделирование средствами ГИС для организации управления городскими территориями на основе ландшафтно-экологического подхода // Материалы Всерос. науч.-практ. конференции, посвященной 180-летию со дня рождения П.П. Семенова-Тян-Шанского. Липецк: Изд-во ЛГПУ, 2007. С. 92–94.
4. *Кесорецких И.И., Зотов С.И.* Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. Вып. 1. С. 51–57.
5. *Коновалова Н.В., Смиренникова Е.В.* Оценка туристического потенциала территории с применением геоинформационных методов // Arctic Evironmental Research. 2011. № 1. С. 13–18.
6. *Кочуров. Б.И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск: СГУ, 1999. 154 с.
7. *Кочуров Б.И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие. М.; Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
8. *Тикунов В.С.* Геоинформационные экологические системы // Проблемы региональной экологии. М.: ИД «Камертон», 2010. № 2 С. 73–83.
9. *Anichkina N.V., Rostom G.R.* Anthropogenous Ecosystems of Voronezh River Valley. European Journal of Natural History. 2016. No 6. C. 15–17.
10. *Feeney M., Rajabifard A., Williamson I.P.* Spatial data infrastructure frameworks to support decision-making for sustainable development, Proceedings of the 5th Global Spatial Data Infrastructures. 2001. P. 1–15.

11. *Haworth Billy, Eleanor Bruce and Kurt Iveson.* Spatio-temporal analysis of graffiti occurrence in an inner-city urban environment // Applied Geography. 2013. V. 38. P. 53–63.
12. *ThiLoi Duong, Pham Anh Tuan, and Kshama Gupta.* Development of an Index for Assessment of Urban Green Spacesat City Level // International Journal Of Remote Sensing Applications. 2015. V. 5, No 1. P. 78.
13. *Waddell Paul.* A behavioral simulation model for metropolitan policy analysis and planning: residential location and housing market components of UrbanSim // Environment and planning B: Planning and Design. 2000. V. 27, No 2. P. 247–263.
14. *Waddell Paul.* UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning // Journal of the American planning association. 2002. V. 68, No 3. P. 297–314.

REFERENCES

1. *Anichkina N.V.* Natural and Resource Basis for the Development of the Territory of The City of Lipetsk, Geograficheskoe prostranstvo: sbalansirovannoe razvitie prirody i obshchestva materialy II zaochnoj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj pamyati T.L. Ishukovoj, 2011. P. 169–178 (in Russian).
2. *Anichkina N.V., Rostom G.R.* Anthropogenous Ecosystems of Voronezh River Valley. European Journal of Natural History. 2016. No 6. C. 15–17.
3. *Feeney M., Rajabifard A., Williamson I.P.* Spatial data infrastructure frameworks to support decision-making for sustainable development, Proceedings of the 5th Global Spatial Data Infrastructures 2001. P. 1–15.
4. *Haworth Billy, Eleanor Bruce and Kurt Iveson*. Spatio-temporal analysis of graffiti occurrence in an inner-city urban environment. Applied Geography. 2013. V. 38. P. 53–63.
5. *Karandeev A.Y.* GIS Modelling for Urban Management which Based on Landscape Ecological Principals, Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 180-letiyu so dnya rozhdeniya P.P. Semenova-Tyan-Shanskogo. Lipeck: Izd-vo LGPU, 2007. P. 92–94 (in Russian).
6. *Karandeev A.Y.* Historical Geographical GIS model of Lipetsk development, Problemy regional'noj ehkologii. M.: ID «Kamerton», 2012. No 3. P. 150–152 (in Russian).
7. *Kesoreckih I.I., Zotov S.I.* Methodology of Assessment of Natural Complexes Sensitivity to Anthropogenic Impact, Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. 2012. V. 1. P. 51–57 (in Russian).
8. *Kochurov B. I.* Ecological Diagnostics and Balanced Development. M.; Smolensk: Madzhenta, 2003. 384 p. (in Russian).
9. *Kochurov. B.I.* Geoecology: Ecological Diagnostic and Ecological and Economic Balance of the Territory, Smolensk: SGU, 1999. 154 p. (in Russian).
10. *Konovalova N.V., Smirennikova E.V.* Geoinformation Approaches to the Tourist Potentional Evaluation of the Arkhangelsk Region, Arctic Evironmental Research. 2011. No 1. P. 13–18 (in Russian).
11. *ThiLoi Duong, Pham Anh Tuan and Kshama Gupta*. Development of an Index for Assessment of Urban Green Spacesat City Level. International Journal Of Remote Sensing Applications. 2015. V. 5.1. P. 78.
12. *Tikunov V.S.* Environmental Geoinformation Systems, Problemy regionalnoj ehkologii. M.: ID "Kamerton", 2010. No 2. P. 73–83 (in Russian).
13. *Waddell Paul.* A behavioral simulation model for metropolitan policy analysis and planning: residential location and housing market components of UrbanSim. Environment and planning B: Planning and Design. 2000. V. 27, No 2. P. 247–263.
14. *Waddell Paul.* UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning. Journal of the American planning association. 2002. V. 68, No 3. P. 297–314.

УДК 551.465

Фомин В.В.[1], Дианский Н.А.[1, 2, 3], Выручалкина Т.Ю.[4]

АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ДИАГНОЗА И ПРОГНОЗА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

АННОТАЦИЯ

В работе представлено развитие системы оперативного диагноза и прогноза (СОДИП) гидрометеорологических характеристик Каспийского моря. Она включает в себя расчет атмосферного воздействия по региональной негидростатической атмосферной модели Weather Research and Forecasting model (WRF), расчет течений, уровня, температуры, солености моря и морского льда по модели морской циркуляции INMOM (Institute Numerical Mathematics Ocean Model) и расчет параметров волнения по Российской атмосферно-волновой модели (РАВМ). Представлены результаты верификации расчетных гидрометеохарактеристик, полученных с помощью СОДИП при проведении ретроспективных и прогностических расчетов. Верификация региональной негидростатической атмосферной модели WRF выполнялась с использованием данных с прибрежных метеостанций. По результатам ретроспективных расчетов проводилась оценка качества воспроизведения метеорологических характеристик с учетом их синоптической и сезонной изменчивости. Было показано, что увеличение пространственного разрешения приводит к улучшению в воспроизведении метеорологических характеристик. По результатам прогностических расчетов проводилась оценка качества воспроизведения метеорологических характеристик в зависимости от заблаговременности прогноза. Верификация модели INMOM выполнялась по данным с гидрологических постов, а также по оценке качества воспроизведения годовой изменчивости уровня моря. Показано, что изменения, внесенные в СОДИП, приводят к улучшению качества и точности расчета гидрометеорологических характеристик. Таким образом, разработанная система с учетом внесенных изменений позволяет, в том числе, воспроизводить сезонные и межгодовые колебания уровня Каспийского моря и может быть использована как для выполнения прогнозов гидрологических и метеорологических характеристик, так и для проведения ретроспективных расчетов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Каспийское море, циркуляция океана, оперативное моделирование, численные методы.

---

[1] Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Кропоткинский пер., д. 6, 119034, Москва, Россия, *e-mail:* **vladimirfomin@live.com**

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Физический факультет, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, 119991, Москва, Россия.

[3] Институт вычислительной математики РАН, ул. Губкина, д. 8, 119333, Москва, Россия, *e-mail:* **nikolay.diansky@gmail.com**

[4] Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», пр. А. Невского, д. 50, 185030, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, *e-mail:* **vyruchi@list.ru**

Vladimir V. Fomin[1], Nikolay A. Diansky[1, 2, 3], Tatiana Yu. Vyruchalkina[4]

APPROVAL OF THE OPERATIONAL DIAGNOSE AND FORECASTING SYSTEM OF HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS FOR CASPIAN SEA

ABSTRACT

The development of the Marine and Atmospheric Research System (MARS) for simulation of the Caspian Sea hydrometeorological characteristics is presented. It includes computation of the atmospheric forcing with the regional non-hydrostatic atmosphere model Weather Research and Forecasting model (WRF), as well as computation of currents, sea level, temperature, salinity and sea ice with the model of marine circulation INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model) and the computation of wind wave parameters using the Russian wind-wave model (RWWM). The results on verification of the hydrometeorological characteristics of diagnosis and forecast computations with MARS are presented. Verification of the regional non-hydrostatic atmospheric model WRF was performed using data from coastal weather stations. Based on the results of retrospective computations, the quality of calculated meteorological characteristics was estimated taking into account its synoptic and seasonal variability. It was shown that an increase in spatial resolution of WRF model leads to an improvement in the reproduction of meteorological characteristics. Based on the results of the forecast computations, the quality of calculated meteorological characteristics was estimated according to forecast time. The verification of the INMOM model was carried out according to data from hydrological stations and also based on the results of computations of interannual variability of sea level. It is shown that changes made in MARS lead to a quality improvement in computation results. Thus, new version of MARS allows to reproduce seasonal and interannual changes of the Caspian sea level and can be used both for diagnoze and forecast computations of hydrological and meteorological characteristics.

KEYWORDS: Caspian Sea, ocean circulation, operational modeling, numerical methods.

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия уровень моделирования циркуляции в океанах и морях существенно вырос. Это направление продолжает интенсивно развиваться, что определяется существенно возросшими возможностями вычислительной техники. На данном этапе развития численного моделирования решается проблема не только качественного изучения физических процессов морской циркуляции, но и количественного ее описания, в том числе и в оперативном режиме. Это необходимо для практических нужд при разведке, добыче и транспортировке углеводородов на шельфе и в прибрежной области. Для реализации подобного численного моделирования требуется создание комплекса, включающего модель расчета атмосферного воздействия, модель морской термогидродинамики и модель ветрового волнения. Этот комплекс моделей должен быть объединен в единую вычислительную систему. Такая система реализована в Гидрометцентре РФ и включена в оперативную практику [Попов и др., 2013; Попов, Лобов, 2017]. Она основана на использовании модели

[1] State Oceanographic Institute (SOI), Kropotkinsky Lane 6, 119034, Moscow, Rossia, *e-mail:* **vladimirfomin@line.com**
[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Leninskie Gory, bldg 1, str. 2, 119991, Moscow, Russia.
[3] The Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Gubkin str., 8, 119333, Moscow, Russia, *e-mail:* **nikolay.diansky@gmail.com**
[4] Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Aleksander Nevsky str., 50, 185030, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, *e-mail:* **vyruchi@list.ru**

диагноза и прогноза уровня моря [Попов, Лобов, 2017], а метеорологические параметры рассчитываются по модели COSMO. Подобная система также реализована и развивается в Государственном океанографическом институте имени Н.Н. Зубова (ГОИН) [Дианский и др., 2016а, б]. Одним из существенных отличий разрабатываемой в ГОИНе [Дианский и др., 2016а, б] от реализованной в Гидрометцентре [Попов, Лобов, 2017] системы заключается в использовании модели морской циркуляции, в которой прогностическими переменными служат не только скорости течений и уровень моря, но также температура и соленость воды, сплоченность, толщина и скорость дрейфа морского льда.

В настоящей статье показаны результаты расчетов, полученные с помощью Системы оперативного диагноза и прогноза (СОДИП), реализованной для расчета гидрометеорологических характеристик Каспийского моря. Она включает в себя расчет атмосферного воздействия по региональной негидростатической атмосферной модели Weather Research and Forecasting model (WRF) [Skamarock, 2008], расчет течений, уровня, температуры, солености моря и морского льда по модели морской циркуляции INMOM (Institute Numerical Mathematics Ocean Model) [Дианский, 2013]. Разработанный комплекс гидродинамического моделирования используется не только для оперативного прогноза, но и для расчетов режимных характеристик. Ранее [Дианский и др., 2016а, б] была проведена верификация СОДИП по данным стационарных метеостанций и показана ее работоспособность для Каспийского моря по результатам ретроспективных расчетов морской динамики и характеристик ветрового волнения за безледный период (август, сентябрь, октябрь) 2003–2013 гг. На основе полученных результатов были показаны важные особенности циркуляции вод Каспийского моря. Отмечено, что основной вклад в циркуляцию Каспийского моря делают ветровые течения, а апвеллинг в восточной части Среднего Каспия обусловлен региональными ветрами северного направления. Установлено, что только в Южном Каспии наблюдается существенное различие течений, рассчитанных по разным моделям. Ветровые поля, рассчитанные в СОДИП с помощью негидростатической модели WRF и полученные по формулам геострофического ветра по полю давления из этой же модели, также хорошо согласованы в Среднем и Северном Каспии и существенно отличаются в Южном Каспии. Особенно это заметно у восточного и южного берегов, когда ветер, рассчитанный в WRF, направлен поперек изобар. Показано, что поля ветра и течений связаны. Сделан вывод о том, что для Каспийского моря необходимо использовать для расчета ветра негидростатические модели атмосферы типа WRF или COSMO [Дианский и др., 2016а, б]. В настоящей работе представлено развитие данной системы. При воспроизведении метеорологических характеристик разрешение модели WRF было увеличено с 15 до 7 км. Была проведена серия экспериментов по верификации модели и показано различие в результатах с использованием 15 и 7-км версий модели. Также были проведены испытания системы и проведена оценка качества результатов расчетов в прогностическом режиме. Для модели INMOM была реализована возможность расчета циркуляции Каспийского моря с учетом реальных значений втока рек через их устьевые зоны и, соответственно, их влияние не только на соленостный режим, но также и на уровень моря. Более подробно полученные результаты представлены в следующих разделах работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основу вычислительного комплекса расчета гидротермодинамических характеристик, включая поля течений, уровня, температуры, солености и морского льда, составляет российская модель циркуляции океанов и морей INMOM [Дианский, 2013]. Расчет ат-

мосферного воздействия проводится по региональной модели атмосферной циркуляции WRF [Skamarock, 2008]. Достоинством системы является и то, что ее можно использовать для расчетов и в ретроспективном режиме. Для этого необходимо отключить прогностические расчеты, а в качестве входных данных использовать поля глобального реанализа за соответствующий период.

Расчет метеорологических параметров, морской циркуляции и параметров волнения происходит один раз в сутки на трое суток вперед. В отличие от предыдущих работ [Дианский и др., 2016а, б] в СОДИП была увеличена длительность расчета до 96 часов, которая включает в себя: расчет системы в режиме диагноза на предшествующие 24 часа, а также прогноз на следующие 72 часа. При развитии экстремальных штормовых ситуаций и необходимости их предсказания длительность прогноза может быть увеличена вплоть до 240 часов.

Качество расчета морской циркуляции во многом определяется качеством расчета атмосферного воздействия. В наших расчетах для этого применяется модель WRF, которая, в силу своего высокого качества и удобства использования, принята во многих зарубежных и отечественных центрах для воспроизведения и прогноза региональной атмосферной циркуляции. Ниже приводится описание атмосферной и морской составляющих вычислительного комплекса СОДИП.

В работе Зырянова [Зырянов, 2015] было показано, что над котловинами внутри сепаратрисной изобаты в областях замкнутых изолиний ветер играет главную роль в формировании циркуляции вод, далее по порядку величин следуют бароклинность вод и испарение. Использование данных реанализа и прогноза, к примеру, центра ECMWF (European Centrefor Medium Range Weather Forecasts) в прогностических моделях не рекомендуется, так как на сайте разработчика приведено критическое замечание, что иногда результаты расчетов полей ветра нельзя признать удовлетворительными, в частности, для Средиземного и Каспийского морей [Зырянов, 2016]. Особенно это усугубляется для прибрежных акваторий [Зырянов, 2015, 2016]. Это служит основанием для критического отношения к данным реанализа полей ветра над Каспием. Поэтому в СОДИП необходимые характеристики атмосферных приводных параметров рассчитываются по негидростатической модели атмосферы WRF, которая хорошо воспроизводит склоновые потоки воздуха, вызывающие хорошо известные ветры типа черноморской Боры или однотипного с ней Бакинского норда – сильного, холодного и сухого ветра в районе г. Баку.

Для прогноза метеорологических характеристик используется негидростатическая региональная атмосферная модели WRF. В рамках развития системы прогноза разрешение модели было увеличено с 15 до 7 км. Временной шаг интегрирования модели по времени составил 45 с. По горизонтали расчетная область модели содержит 170 на 220 точек в модельных координатах. Количество горизонтов по вертикали также было увеличено с 27 и составило 35 уровней. Модель WRF для акватории Каспийского моря была реализована в проекции Ламберта. Методика расчета характеристик атмосферы по WRF заключается в интегрировании полной системы негидростатических уравнений динамики атмосферы [Skamarock, 2008] в исследуемом регионе. Граничными и начальными условиями служат данные GFS с пространственным разрешением 0,5° и временной дискретностью 6 часов. Подстилающая поверхность задана данными архива MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с пространственным разрешением 30”.

Для вычисления потоков тепла, пресной воды и импульса на поверхности моря используются следующие величины, полученные при расчете WRF и выдаваемые с шагом 1 час: температура и удельная влажность воздуха на высоте 2 м над уровнем

моря; скорость ветра на высоте 10 м над уровнем моря; падающая коротковолновая и длинноволновая радиация; атмосферные осадки; давление на уровне моря. Эти параметры используются для расчета атмосферного воздействия в физически полной модели морской циркуляции INMOM (в PABM используются только поля ветра). Турбулентные потоки тепла, пресной воды и импульса рассчитываются с использованием балк-формул [Дианский, 2013] для расчета гидротермодинамических характеристик циркуляции моря.

Для расчета морской циркуляции используется модель циркуляции океанов и морей INMOM [Дианский, 2013; Zalesnyetal., 2012], относящаяся к классу σ-моделей. В ее основе лежит полная система так называемых примитивных уравнений гидротермодинамики моря в сферических координатах в приближениях гидростатики и Буссинеска [Дианский, 2013]. В качестве вертикальной координаты используется безразмерная величина σ, задаваемая как

$$\sigma = (z - \zeta) / (H - \zeta), \quad (1)$$

где z – обычная вертикальная координата, направленная вниз; $\zeta = \zeta(\lambda, \varphi, t)$ – отклонение уровня моря от невозмущенной поверхности как функция долготы λ, широты φ и времени t; $H = H(\lambda, \varphi)$ – невозмущенная глубина моря. Прогностическими переменными модели служат горизонтальные компоненты вектора скорости, потенциальная температура (T), соленость (S), отклонение уровня моря от невозмущенной поверхности, масса и сплоченность морского льда, масса снега, скорость дрейфа льда и компоненты тензора напряжений льда. Для расчета плотности используется уравнение состояния, специально предназначенное для численных моделей [Brydonetal., 1999].

Пространственное разрешение модели составляет 1′8″ и 0′49″ по долготе и широте, что равно ~1,5 км. Сеточная область в горизонтальной плоскости содержит 393 × 779 узлов. По вертикали задается 20 неравномерно распределенных по глубине σ-уровней.

Подробное описание модели INMOM для акватории Каспийского моря, используемых данных при подготовке начальных и граничных условий представлено в работах [Дианский и др., 2016а, б].

Расчет атмосферного воздействия осуществляется по вышеописанным приводным синоптическим характеристикам атмосферы из модели WRF для вычисления потоков импульса, тепла и пресной воды для расчета гидротермодинамических характеристик циркуляции моря в модели INMOM.

В рамках развития модели INMOM для акватории Каспийского моря было проведено улучшение сеточной области модели для повышения точности описания прибрежной зоны для акватории Каспийского моря, в частности, для его северной части. Главным изменением в модели INMOM была реализация возможности расчета циркуляции Каспийского моря с учетом реальных значений втока рек через их устьевые зоны и, соответственно, их влияние не только на соленостный режим, но также и на уровень моря. Реализованный блок учета речного стока позволил более корректно учесть изменение уровня моря Каспия за счет влияния речного стока, осадков и испарения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОДИП В ОПЕРАТИВНЫХ РАСЧЕТАХ

Оценка качества результатов, полученных с использованием СОДИП для Каспийского моря, проводилась с использованием данных ретроспективных расчетов за 2012 г. и по данным прогностических расчетов за период с 1 января по 30 апреля 2017 г. Верификация проводилась по данным стационарных метеостанций, расположение точек и их координаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Координаты точек для верификации и модели WRF
Table 1. Weather station coordinates for verification of WRF model

Название станции	Широта	Долгота	Название станции	Широта	Долгота
Ганюшкино	46,6	49,267	Баку	40,417	49,783
Лиман	45,8	47,217	Аэропорт «Гейдар Алиев»	40,468	50,047
Лагань	45,4	47,35	Актау	43,86	51,092
Атырау 1	47,117	51,917	Шевченко	43,583	51,083
Кочубей	44,4	46,55	Атырау 2	47,122	51,821
Кизляр	43,833	46,717	Туркменбаши 1	40,063	53,007
Дербент	42,067	48,3	Туркменбаши 2	40,033	52,983
Махачкала	43	47,5	Есенгулы	37,467	53,967

Воспроизведение динамики приводной атмосферы с помощью модели WRF

Верификация модели WRF проводилась по результатам ретроспективных и прогностических расчетов. При проведении верификации ретроспективных расчетов использовались данные за 2012 г. Результаты верификации по станциям для 7-км версии модели WRF представлены в табл. 2. Для сравнения результатов с результатами предыдущих расчетов в табл. 3 приведены результаты за 2012 г. для 15-км версии модели WRF. В качестве примера на рис. 1 представлены временные ряды для скорости ветра, зональной и меридиональной компонент, давления и температуры воздуха для ГМС Кочубей, рассчитанные по модели WRF с разрешением в 7 км и полученные по данным с метеостанции.

В табл. 2 и 3 представлены результаты верификации моделей WRF с 7 и 15 км разрешением соответственно. Результаты расчетов, представленные в табл. 2, показывают хорошую точность модели и подтверждают возможность воспроизведения моделью реальной атмосферной циркуляции над акваторией Каспийского моря. Результаты верификации показывают, как коэффициент корреляции для температуры воздуха изменяется от 0,95 до 0,99, в среднем составляя 0,99. Здесь необходимо отметить, что коэффициент корреляции рассчитывался с учетом годового хода. Среднеквадратичная ошибка в результатах расчета температуры воздуха изменяется от 1,36 до 3,71 °С и в среднем составляет 1,87 °С. Анализ графиков изменения температуры воздуха по результатам моделирования и данным измерений показывает, что модель качественно воспроизводит изменчивость температуры над акваторией Каспийского моря. При этом, в периоды резкого изменения характеристик температуры, которые в большей степени наблюдаются в зимний период, наблюдается завышение температур по результатам расчета по модели WRF.

Анализ коэффициентов корреляции для модуля скорости течений показывает, что коэффициент корреляции для представленных станций изменяется от 0,66 до 0,91 и в среднем составляет 0,82, что является достаточно высокими показателем. Среднеквадратичная ошибка изменяется от 0,4 до 1,07 см/с и в среднем составляет 0,82 м/с. Анализ графиков показывает, что результаты моделирования соответствуют данным наблюдений и модель хорошо воспроизводит как средние характеристики модуля скорости ветра, так и значения скорости ветра в период экстремальных ситуаций, что может быть особенно важно при моделировании ветровых нагонов. Результаты сравнения зональной и меридиональной компонент скорости ветра показывают, что коэффициент корреляции для зональной компоненты скорости ветра изменяется от 0,31 до 0,98 и в среднем составляет 0,85. Коэффициент корреляции для меридиональной компоненты скорости ветра изменяется от 0,63 до 0,96 и в среднем составляет 0,83. Среднеквадратичная ошибка в среднем по всем станциям составляет 1,06 м/с и 1 м/с для зональной и меридиональной компонент соответственно. Выделяется слабая корреляционная связь для зональной компоненты скорости ветра для метеостанции Баку. Учитывая, что зна-

чительно более высокие значения коэффициента корреляции наблюдаются для остальных станций, то, вероятнее всего, данная станция экранирована от ветров определенных румбов. В целом, на остальных станциях наблюдаются высокие значения коэффициента корреляции и незначительные значения среднеквадратичной ошибки, которая в среднем за год практически не превышает 1 м/с. Анализ приведенных графиков для компонент скорости ветра также показывает соответствие результатов измерений с данными моделирования. Это говорит о том, что корректно воспроизводится не только модуль скорости ветра, но также и его направление. Анализируя результаты верификации по характеристике давления над уровнем моря, необходимо отметить, что давление является интегральной характеристикой и воспроизводится всегда достаточно успешно. Результаты верификации показывают, коэффициент корреляции изменяется от 0,96 до 1,0 и в среднем составляет 0,99. Среднеквадратичная ошибка изменяется от 0,45 до 1,88 гПа. Визуальный анализ графиков сравнения также показывает высокое соответствие результатов моделирования с данными наблюдений.

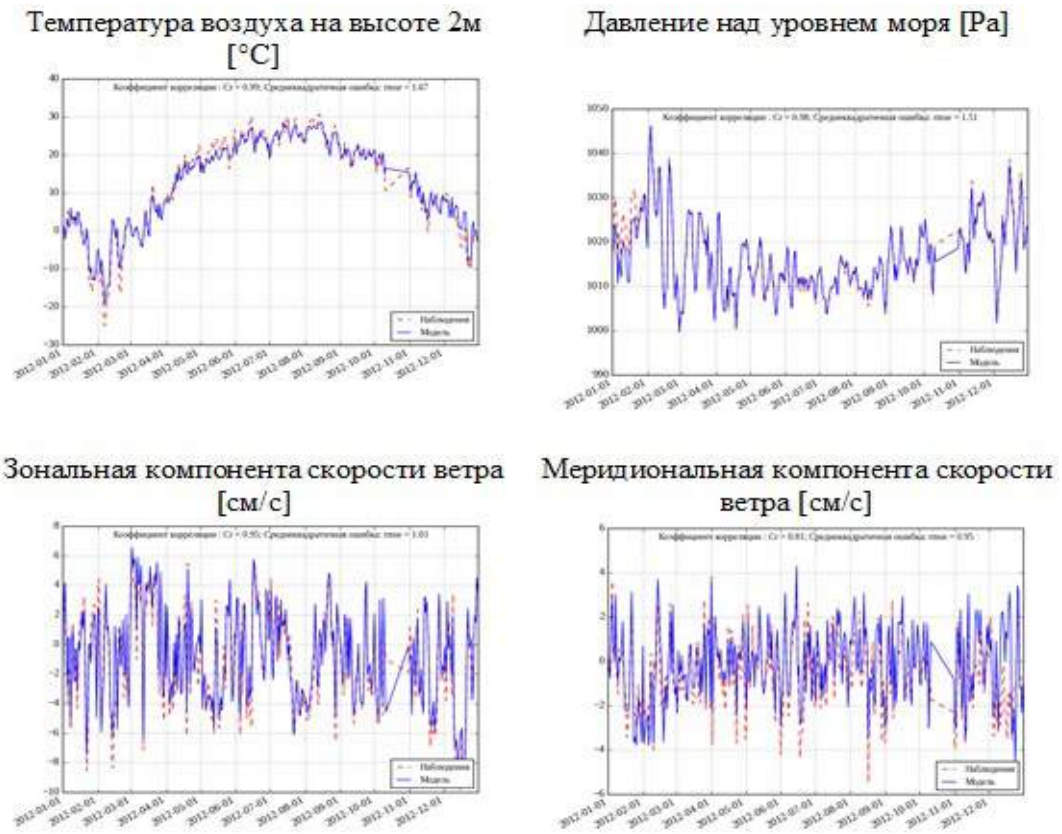


Рис. 1. Сравнение реализаций метеорологических характеристик по результатам моделирования по модели WRF с разрешением 7 км и по данным измерений на станции Кочубей
Fig. 1. Comparison of meteorological characteristics from the computation results from the WRF model with a resolution of 7 km and measurements at the Kochubei station

Таким образом, по результатам комплексного сравнения данных измерений с результатами моделирования метеорологических характеристик по модели WRF с горизонтальным разрешением в 7 км необходимо отметить хорошее соответствие результатов моделирования с данными измерений. Анализ модуля и направления скорости ветра показал, что модель хорошо воспроизводит не только средние характеристики скорости ветра, но и его экстремальные значения, что особенно важно при моделировании штормовых нагонов и сгонов на акватории Каспийского моря.

Дополнительно к верификации результатов моделирования с данными наблюдений была проведена оценка улучшения результатов моделирования по модели WRF с разрешением 7 км (табл. 2) относительно результатов моделирования по модели WRF с разрешением 15 км (табл. 3). В табл. 2 курсивом отмечены станции, верификация по которым проводилась для версии модели с 15-км разрешением. При этом жирным в табл. 2 выделены те параметры, значения которых улучшились при использовании модели с более высоким пространственным разрешением. Анализ данных таблиц показывает, что практически для всех станций произошло улучшение коэффициента корреляции, что говорит о более точном воспроизведении наступления различных синоптических станций. В целом, для всех метеорологических параметров, коэффициент корреляции улучшился на 0,01–0,08, в том числе и для модуля скорости ветра, а также для его отдельных компонент. Таким образом, увеличилась возможность более точного предсказания времени наступления максимального нагона и минимального сгона в различных прибрежных пунктах на акватории Каспийского моря.

Таблица 2. Сравнение результатов расчета по модели WRF с разрешением 7 км и данных с прибрежных метеостанций

Table 2. Comparison of the computation results according to the WRF model with a spatial resolution of 7 km and data from coastal weather stations

Название пункта	Температура воздуха	Модуль скорости ветра	Зональная компонента скорости ветра	Меридиональная компонента скорости ветра	Давление над уровнем моря
Ганюшкино	***0,99**/1,97*	***0,85/1,03***	***0,94/1,19***	***0,84/1,08***	***0,99/1,1***
Лиман	0,99/1,88	0,88/0,4	0,93/0,68	0,81/0,68	1/0,52
Лагань	***0,98/2,02***	***0,91/0,71***	***0,96/0,9***	*0,63/**1,22***	***1/0,51***
Атырау 1	***0,99**/1,97*	***0,84**/0,93*	***0,92/1,1***	***0,88/0,93***	***1/0,45***
Кочубей	***0,99/1,67***	***0,85/0,82***	*0,95/1,03*	***0,81/0,95***	*0,98/1,51*
Кизляр	0,99/1,48	0,9/0,79	0,94/1,09	0,66/0,82	1/0,59
Дербент	0,99/1,66	0,66/0,58	0,79/0,64	0,85/0,92	0,99/0,9
Махачкала	0,99/1,76	0,79/0,79	0,91/1,04	0,92/0,7	0,99/0,8
Баку	0,98/2,09	0,82/0,92	0,31/0,99	0,91/1,2	0,99/1
Аэропорт «Гейдар Алиев»	***0,99/1,36***	***0,91/1,07***	***0,59**/1,66*	***0,96/1,25***	*0,96/1,88*
Актау	***0,99/1,45***	***0,86/0,82***	***0,95/1,07***	***0,92/0,87***	***0,99**/1,15*
Шевченко	0,95/3,71	0,74/1,01	0,88/1,43	0,66/1,25	1/0,74
Атырау 2	***0,99**/2,04*	***0,91/0,81***	***0,98/0,9***	***0,96/0,84***	***0,99/0,79***
Туркменбаши 1	***0,99/1,51***	***0,83/0,85***	***0,9/1,15***	***0,91/1,23***	***0,99/0,92***
Туркменбаши 2	0,99/1,82	0,73/0,9	0,88/1,23	0,85/1,45	0,99/1,12
Есенгулы	0,99/1,52	0,68/0,64	0,83/0,93	0,64/0,63	0,99/1,01
Минимум	0,95/1,36	0,66/0.4	0,31/0,64	0,63/0,63	0,96/0,45
Среднее	0,99/1,87	0,82/0,82	0,85/1,06	0,83/1	0,99/0,94
Максимум	0,99/3,71	0,91/1,07	0,98/1,66	0,96/1,45	1/1,88

Примечание.* В числителе – коэффициент корреляции (Cr), в знаменателе – среднеквадратичная ошибка (rmse).

Верификация прогностических расчетов приводилась за период с 1 января по 30 апреля 2017 г. Оценивались значения средней абсолютной ошибки ($|\delta|$), средней арифметической ошибки ($\bar{\delta}$), среднеквадратичного отклонения (СКО), коэффициента корреляции Rc. Верификация проводилась по всем ГМС, представленным в табл. 1. В табл. 4 представлены результаты оценки качества результатов для диагностических результатов, результатов прогноза за 1–3 сутки, осредненные по всем представленным станциям. Результаты расчетов показывают, что наилучшие значения статистических параметров наблюдаются для диагностических данных. Постепенно результаты ухудшаются, и наихудшие результаты наблюдаются для 3 дня прогноза.

Таблица 3. Сравнение результатов расчета по модели WRF с разрешением 15 км и данных с прибрежных метеостанций
Table 3. Comparison of calculation results according to the WRF model with a spatial resolution of 15 km and data from coastal weather stations

Название пункта	**Температура воздуха**	**Модуль скорости ветра**	**Зональная компонента скорости ветра**	**Меридиональная компоненты скорости ветра**	**Давление над уровнем моря**
Актау	0,99/1,54	0,79/0,89	0,94/1,14	0,89/0,95	0,99/0,99
Атырау 1	0,99/1,59	0,82/0,75	0,92/0,95	0,87/0,95	1,00/0,65
Атырау 2	0,99/1,79	0,87/0,82	0,97/0,96	0,93/1,04	
Аэропорт «Гейдар Алиев»	0,95/2,58	0,78/1,47	0,59/1,50	0,92/1,66	0,99/0,92
Ганюшкино	0,99/1,93	0,80/1,03	0,92/1,23	0,77/1,27	0,99/1,21
Кочубей	0,98/1,87	0,80/0,92	0,96/0,96	0,77/1,04	0,99/0,78
Лагань	0,98/2,12	0,88/0,79	0,95/0,93	0,63/1,22	1,00/0,61
Туркменбаши	0,98/1,82	0,76/0,99	0,85/1,38	0,87/1,37	

Примечание.* В числителе – коэффициент корреляции (Cr), в знаменателе – среднеквадратичная ошибка (rmse).

Таблица 4. Средняя абсолютная ошибка (|δ|), средняя арифметическая ошибка ($\bar{\delta}$), среднеквадратичное отклонение (СКО), коэффициент корреляции Rc, полученные по результатам сравнения данных измерений температуры воздуха, давления на уровне моря, модуля скорости ветра и его зональной и меридиональной компонент, осредненные по всем станциям
Table 4. Mean absolute error (|δ|), mean arithmetic error ($\bar{\delta}$), standard deviation (RMS), correlation coefficient Rc, obtained from the comparison of air temperature, sea level pressure, wind velocity and its zonal and the meridional component averaged over all stations

Тип	**|δ|**	**$\bar{\delta}$**	**СКО**	***Rc***
Давление на уровне моря				
Диагноз	0,87	–0,25	1,08	0,99
Прогноз (1 день)	0,95	–0,24	1,17	0,99
Прогноз (2 день)	1,13	0,12	1,41	0,98
Прогноз (3 день)	1,54	0,35	1,96	0,97
Температура воздуха				
Диагноз	1,70	0,51	2,23	0,92
Прогноз (1 день)	1,76	0,49	2,33	0,91
Прогноз (2 день)	1,80	0,43	2,38	0,91
Прогноз (3 день)	1,88	0,38	2,47	0,90
Модуль скорости ветра				
Диагноз	1,96	–0,31	2,46	0,76
Прогноз (1 день)	1,97	–0,34	2,48	0,75
Прогноз (2 день)	1,98	–0,36	2,50	0,75
Прогноз (3 день)	2,08	–0,40	2,65	0,72
Зональная компонента скорости ветра				
Диагноз	1,64	0,28	2,10	0,76
Прогноз (1 день)	1,68	0,14	2,16	0,75
Прогноз (2 день)	1,68	0,03	2,15	0,75
Прогноз (3 день)	1,78	–0,05	2,30	0,71
Меридиональная компонента скорости ветра				
Диагноз	1,64	0,99	2,05	0,78
Прогноз (1 день)	1,66	0,98	2,08	0,77
Прогноз (2 день)	1,66	0,92	2,10	0,76
Прогноз (3 день)	1,77	0,89	2,25	0,70

При этом необходимо отметить, что если для характеристик давления и температуры воздуха ухудшение ошибки незначительно и происходит постепенно, например, ухудшение коэффициента корреляции происходит максимум на 0,01, то для скорости течений равномерное ухудшение результатов наблюдается в первый и второй день прогноза, то при рассмотрении 3-го дня прогноза наблюдается существенное ухудшение результатов, и коэффициент корреляции уменьшается как минимум на 0,04 и как максимум на 0,06 для модуля скорости ветра и компонент скорости ветра. В то же время представленные результаты показывают, что даже для третьего дня прогноза коэффициент корреляции для скорости ветра, его компонент, температуры воздуха или давления на уровне моря достигают высоких значений. Таким образом, результаты верификации в режиме опытной эксплуатации показывают, что система расчета гидрометеорологических характеристик с достаточно высокой степенью точности воспроизводит метеорологические характеристики и с ее использованием могут быть осуществлены прогнозы метеорологических характеристик.

Ретроспективное воспроизведение уровня Каспия с помощью СОДИП

Верификация модели INMOM в рамках работы системы СОДИП для акватории Каспийского моря представлена в работах [2, 3], где показано, что модель с достаточно хорошей степенью точности может воспроизводить изменчивость температуры, солености и уровня моря. В данной работе подробно остановимся на воспроизведении изменчивости уровня моря на межгодовом масштабе.

Расчеты по моделированию изменчивости уровня моря проводились за период с 1982 по 1992 г. При проведении расчетов использовались данные атмосферного форсинга CORE, так как в настоящее время это единственный массив данных, сбалансированный по потокам тепла, соли и импульса для всей акватории мирового океана. Данные CORE представляют из себя 6-часовые и суточные поля метеорологических характеристик, таких как компоненты скорости ветра, температура воздуха, влажность, осадки, потоки коротковолновой и длинноволновой радиации [Griffies et al., 2004].

При моделировании проводился учет основных рек Каспийского моря, а именно: Волга, Кура, Урал, Терек, Самур, Сулак. В модели задавались реальные среднемесячные значения расходов за исследуемый период по времени. При этом в случае, если отсутствуют реальные данные за конкретный месяц, использовались климатические значения стока соответствующих рек за данный период. Моделирование проводилось насеточной области, в которойучет Кара-Богаз-Гола в данном случае проводился параметрически путем задания реальных среднемесячных значений вытока из Каспийского моря.

В качестве начальных полей для расчета использовались трехмерные климатические поля температуры и солености Каспия для января, проинтерполированные на модельную сетку. Расчет начинался из состояния покоя. Численные расчеты проводились без релаксации к поверхностным значениям температуры и солености.

Следует отметить, что возможность воспроизведения уровня моря зависит от нескольких факторов. Первый и основной фактор – это данные об реальных расходах основных рек, так как это основной фактор изменчивости уровня моря Каспийского моря. Также, немаловажным фактором является необходимость использования корректных данных по потокам из атмосферы в океан. Данные форсинга CORE предоставляются на сеточной области с разрешением в 2,5° по долготе и неравномерным шагом на Гауссовой сетке по широте (~1,8°). Несмотря на то, что данные форсинга CORE сбалансированы по потокам тепла, соли и импульса для всей акватории Мирового океана, для отдельных его регионов может наблюдаться дисбаланс, так как при указанных шагах по пространству область Каспийского моря описывается довольно грубо. Поэтому основной упор был сделан на калибровку дан-

ных атмосферного воздействия для получения уровня моря наиболее приближенного к реальному уровня Каспийского моря. Необходимо отметить, что работы по воспроизведению межгодовых колебаний уровня моря проводились также и другими авторами [Попов, Лобов, 2013; Дьяконов, Ибраев, 2018], а вопросы калибровки параметров атмосферного воздействия также отражены в работе [Дьяконов, Ибраев, 2018]. Калибровка проводилась для:

- потока падающей коротковолновой радиации;
- потока скрытого тепла.

Результаты расчетов показали, что наилучшие результаты при расчете изменчивости уровня Каспийского моря с использованием данных атмосферного воздействия CORE достигаются при корректировке потока скрытого тепла на 8,4 % в сторону увеличения. На рис. 2 представлены результаты расчетов изменения уровня с 1982 по 1992 г. в базовом эксперименте без корректировок, а также с корректировкой потока скрытого тепла и потока коротковолновой радиации. Как видно из полученных результатов – несмотря на то, что существенный вклад в баланс вод в Каспийском море вносит изменение стока его основных рек, необходим точный учет атмосферного воздействия в виде осадков и испарения над акваторией Каспийского моря для получения по результатам моделирования наиболее корректного результата.

Рис. 2. Изменение среднегодового уровня Каспия по результатам расчета модели INMOM и данным измерений
Fig. 2. Comparison of computation results of year mean Caspian sea level according to INMOM model and observational data

ВЫВОДЫ

Представлено развитие единого расчетного комплекса – системы оперативного диагноза и прогноза (СОДИП) Каспийского моря. Она включает в себя расчет атмосферного воздействия по региональной негидростатической атмосферной модели WRF, расчет течений, уровня, температуры, солености моря и морского льда по модели морской циркуляции INMOM и расчет параметров волнения по PABM.

Проведена верификация всех рассчитываемых с помощью СОДИП метеорологических характеристик для Каспийского моря по данным наблюдений на стационарных станци-

ях с использованием результатов модели WRF. Показано, что улучшение пространственного разрешения приводит к улучшению качества результатов расчетов. Испытания в режиме опытной эксплуатации показали, что даже на третьи сутки прогноза качество прогноза скорости ветра, температуры воздуха и давления остается на удовлетворительном уровне.

В модели INMOM была реализована возможность расчета циркуляции Каспийского моря с учетом реальных значений втока рек через их устьевые зоны и, соответственно, их влияние не только на соленостный режим, но также и на уровень моря. Реализованный блок учета речного стока позволил более корректно учесть изменение уровня моря Каспия за счет влияния речного стока, осадков и испарения. Была показана необходимость корректировки потоков, предоставляемых данными атмосферных реанализов, при этом в работе показано, что наилучшие результаты при использовании данных атмосферного воздействия CORE достигаются при корректировке потока скрытого тепла на 8,4 % в сторону увеличения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект № 14-17-00740.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was supported by the Russian Foundation for Humanities, project No 14-17-00740.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дианский Н.А.* Моделирование циркуляции океана и исследование его реакции на короткопериодные и долгопериодные атмосферные воздействия. М.: Физматлит, 2013. 272 с.
2. *Дианский Н.А., Фомин В.В., Выручалкина Т.Ю.* Моделирование циркуляции каспийского моря с помощью морских и атмосферных расчетов системы МАРС // Труды Государственного океанографического института. 2016. № 217. С. 50–76.
3. *Дианский Н.А., Фомин В.В., Выручалкина Т.Ю., Гусев А.В.* Воспроизведение циркуляции Каспийского моря с расчетом атмосферного воздействия с помощью модели WRF // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2016. № 5. С. 21–34.
4. *Дьяконов Г.С., Ибраев Р.А.* Воспроизведение многолетней изменчивости уровня Каспийского моря в гидродинамической модели высокого разрешения. Океанология. 2018. Т. 58, № 1. С. 11–22.
5. *Зырянов В.Н.* Гидродинамические основы формирования крупномасштабной циркуляции вод Каспийского моря. 1. Асимптотическая теория // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 6. С. 600–612.
6. *Зырянов В.Н.* Гидродинамические основы формирования крупномасштабной циркуляции вод Каспийского моря. 2. Численные расчеты // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 2. С. 1–1520.
7. *Попов С.К., Батов В.В., Елисов В.В., Лобов А.Л.* Усовершенствованная технология прогноза течений и уровня Каспийского моря. Научно-технический журнал Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 5. С. 53–59.
8. *Попов С.К., Лобов А.Л.* Диагноз и прогноз уровня Каспийского моря по оперативной гидродинамической модели // Метеорология и Гидрология. 2017. № 9. С. 90–99.
9. *Попов С.К., Лобов А.Л.* Моделирование пространственно-временной изменчивости уровня Каспийского моря в 1948−1994 гг. // Труды Гидрометцентра России. 2013. Вып. 350. С. 68−87.
10. *Brydon D., San S., Bleck R.* A new approximation of the equation of state for seawater, suitable for numerical ocean models // J. Geoph. Res. 1999. V. 104, No. C1. P. 1537–1540.
11. *Griffies S.M., Winton M., Samuels B.L.* 2004: The Large and Yeager (2004) dataset and CORE. NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory PO Box 308, Forrestal Campus Princeton, New Jersey, 08542 USA (Manuscript last edited 28 September 2004).

12. *Large W.G., Yeager S.G.* The global climatology of an interannually varying air–sea flux. Climate Dynamics. 2009. V. 33. P. 341–364.
13. *Pacanowski R.C., Philander S.G.H.* Parametrization of vertical mixing in numerical models of the tropical ocean // J. Phys. Oceanogr. 1981. V. 11. P. 1443–1451.
14. *Skamarock A.* Description of the Advanced Research WRF, Version 3 – NCAR Technical Notes, 2008.
15. *Zalesny V.B., Diansky N.A., Fomin V.V., Moshonкin S.N., Demyshev S.G.* Numerical model of the circulation of the Black Sea and the Sea of Azov // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2012. V. 27, No 1. P. 95–111.

REFERENCES

1. *Brydon D., San S., Bleck R.* A new approximation of the equation of state for seawater, suitable for numerical ocean models. J. Geoph. Res. 1999. V. 104. No C1. P. 1537–1540.
2. *Diansky N.A.* Modelling of ocean circulation and investigation of its response to short- and long-period atmospheric forcing. M.: PhysMathLit, 2013. 272 p. (in Russian).
3. *Diansky N.A., Fomin V.V., Vyruchalkina T.Y.* Modeling of the Caspian sea circulation using marine and atmospheric calculations of system MARS. Trudy gosudarstvennogo okeanograficheskogo institute. 2016. No 217. P. 50–76 (in Russian).
4. *Diansky N.A., Fomin V.V., Vyruchalkina T.Y., Gusev A.V.* Numerical simulation of the Caspian sea circulation using the marine and atmospheric research system. Trudy Karelskogo nauchnogo centra Rossiiskoy akademii nauk. 2016. No 5. P. 21–34 (in Russian).
5. *Dyakonov G.S., Ibrayev R.A.* Simulation of Interannual Variability of the Caspian Sea Level in a High Resolution Hydrodynamic Model. Oceanology. 2018. V. 58, No 1. P. 11–22 (in Russian).
6. *Griffies S.M., Winton M., Samuels B.L.,* 2004: The Large and Yeager (2004) dataset and CORE. NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory PO Box 308, Forrestal Campus Princeton, New Jersey, 08542 USA (Manuscript last edited 28 September 2004).
7. *Large W.G., Yeager S.G.* The global climatology of an interannually varying air–sea flux. Climate Dynamics. 2009. V. 33. P. 341–364.
8. *Pacanowski R.C., Philander S.G.H.* Parametrization of vertical mixing in numerical models of the tropical ocean. J. Phys. Oceanogr. 1981. V. 11. P. 1443–1451.
9. *Popov S.K., Batov V.V., Elisov V.V., Lobov A.L.* Advanced technology for forecasting currents and the sea level of the Caspian Sea. Scientific and technical journal environmental protection in the oil and gas complex. 2013. No 5. P. 53–59 (in Russian).
10. *Popov S.K., Lobov A.L.* Diagnosis and forecast of the level of the Caspian Sea in the operational hydrodynamic model. Meteorology and Hydrology. 2017. 9. P. 90–99 (in Russian).
11. *Popov S.K., Lobov A.L.* Modelling of spatial and temporal variability of the Caspian Sea level 1948–1994. Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. 2013. No 350. P. 68–87 (in Russian).
12. *Skamarock A.* Description of the Advanced Research WRF, Version 3. NCAR Technical Notes, 2008.
13. *Zalesny V.B., Diansky N.A., Fomin V.V., Moshonкin S.N., Demyshev S.G.* Numerical model of the circulation ofthe Black Sea and the Sea of Azov // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2012. V. 27, No 1. P. 95–111.
14. *Zyryanov V.N.* Hydrodynamic basis of formation of large-scale water circulation in the Caspian Sea: 1. Asymptotic theory. Water Resources. 2015. V. 42. No 6. P. 294–304.
15. *Zyryanov V.N.* Hydrodynamic basis of formation of large-scale water circulation in the Caspian Sea: 2. Numerical simulation. Water Resources. 2016. V. 43, No 2. P. 292–305.

УДК: 528.942

Карпачевский А.М.[1]

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТРАССЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

АННОТАЦИЯ

В данной работе кратко описана методика создания серии карт, позволяющей на этапе предварительного проектирования линии электропередач получить несколько вариантов размещения ее трассы. Автором предложен подход, при котором картографирование в средних масштабах в целях предварительного обоснования трассы новой линии электропередачи осуществляется на основе открытых данных и учитывает разные географические факторы размещения линий электропередач. К этим факторам относятся существующая электросетевая инфраструктура, пространственная структура и конфигурация электрической сети, максимальные ветровые и гололедные нагрузки, вероятные 1 раз в 25 лет, опасные природные явления, санитарные, хозяйственные и нормативные ограничения, а также потенциальное воздействие на окружающую среду. Использование данных дистанционного зондирования позволяет получить информацию о существующих электрических сетях на основе использования комплексного дешифровочного признака видового состава опор, что затем используется на всех этапах создания картографического обеспечения. Автором впервые предложена методика, позволяющая обосновать варианты трасс линий электропередач на двух уровнях: на первом уровне обосновывается связь между пунктами сети на основе ее структурного анализа; на втором уровне обосновывается конкретное размещение трассы линий электропередач в пределах изучаемой территории между выбранными пунктами. В рамках работы обобщен многолетний опыт работы в данном направлении, включающий интерпретацию данных дистанционного зондирования, пространственных конфигураций электрических сетей, сетевой анализ, оценку структурной надежности энергосистем, картографирование климатических нагрузок, учет социально-экономических факторов и автоматизацию процесса выбора трассы средствами ГИС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационный анализ, комплексное картографирование, предварительное проектирование, принятие решений, электрическая сеть.

Andrey M. Karpachevskiy[2]

CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR PRELIMINARY STUDIES OF POWER LINE ROUTE SELECTION

ABSTRACT

This paper briefly describes the method of creation of a series of maps that allows at the stage of preliminary design of the power line to obtain several options for placing its route. The author proposes an approach in which mapping at medium scales for the purpose of preliminary

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские Горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **karpach-am@yandex.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **karpach-am@yandex.ru**

studies of the route of a new power line is carried out on the basis of open access data and takes into account different geographical factors of power lines placement. These factors include the existing electric grid infrastructure, the spatial structure and configuration of the electric network, the maximum wind and ice loads likely 1 time in 25 years, natural hazards, sanitary, economic and regulatory restrictions, as well as the potential impact on the environment. The use of remote sensing data provides information on existing electrical networks through the use of a interpretation feature of the power line pylon species composition, which is then used at all stages of the creation of map series. The author for the first time offers a technique that allows to carry out the variants of power lines routes at two levels: at the first level the connection between the network points on the basis of its structural analysis; on the second level the concrete placement of the route of power lines within the studied territory between the chosen points is proved. The work summarizes many years of experience in this field, including the interpretation of remote sensing data, spatial configurations of electrical networks, network analysis, assessment of the structural reliability of power systems, mapping of climatic loads, taking into account socio-economic factors and automation of the process of route selection by GIS.

KEYWORDS: GIS-analysis, complex mapping, preliminary design, decision making, power grid.

ВВЕДЕНИЕ

Линии электропередач (ЛЭП) – зачастую протяженные объекты, проходящие в различных природных и социально-экономических условиях. В отличие от площадных объектов, месторасположение которых может быть определено простым наложением факторов (взвешенный оверлей), размещению линейного объекта должна удовлетворять непрерывная полоса земной поверхности от пункта А до пункта Б. На предварительном этапе проектирования обосновывается не один, а несколько вариантов размещения одной и той же ЛЭП, из которых потом выбирают наилучший. Эти варианты могут отражать точки зрения различных групп интереса, к которым относятся проектировщики, местные жители, строители, экологи и т. д. Наиболее существенные факторы размещения ЛЭП могут быть сгруппированы в условные пять групп:

1. Существующая электросетевая инфраструктура;
2. Климатические нагрузки;
3. Опасные природные явления;
4. Санитарные и хозяйственные ограничения;
5. Потенциальное воздействие на окружающую среду.

Для каждой из этих групп может быть составлена карта или серия карт, дающая оценку территории с точки зрения возможности размещения ЛЭП. Особо оговорим, что в данной статье рассматривается только воздушное исполнение ЛЭП. Для обоснования нескольких вариантов размещения проектируемого объекта необходимо совместить карты всех существенных факторов с учетом их иерархии, взаимосвязи и пространственной локализации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ключевым источником данных на большинстве этапов предварительного обоснования трассы ЛЭП служат данные дистанционного зондирования (ДДЗ). На основе данных очень высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, предоставленных открытыми веб-картографическими сервисами представляется возможным распознать объекты существующей электросетевой инфраструктуры. К ним относятся электростанции, электрические подстанции, переходные пункты, пункты секционирования и собственно

воздушные линии электропередачи (ВЛ). По космическим снимкам такого разрешения возможно не только локализовать объекты [Matikainen et al., 2016], но и распознать их ключевые свойства: класс напряжения, количество цепей, видовой состав опор ЛЭП. Постепенное уменьшение масштаба и обобщение полученных данных позволяет увидеть некоторые закономерности размещения объектов на основе пространственных конфигураций электрической сети и топоморфологических отношений [Каргашин и др., 2016].

При векторизации сети и ее обобщении в базе пространственных данных возможно построить сетевую модель, которая позволяет решать различные задачи, в том числе при планировании развития сети. Мы исходим из того, что новые ЛЭП строятся либо для подключения новых потребителей, либо для повышения надежности энергоснабжения уже подключенных потребителей. В обоих случаях начальный и конечный пункты, между которыми будет построена ЛЭП, будут определяться структурными особенностями сети, т. е. сложившимся взаиморазмещением объектов в рамках сетевой модели. Структура может отражаться в различных свойствах, рассчитываемых в ходе сетевого анализа: степень вершины, альтернативность подключения потребителя, центральн ость (нагрузка) [Motter, Lai, 2002; Pagani, Aiello, 2013; Новаковский и др., 2017б].

Учет климатических нагрузок очень важен при выборе трассы и ЛЭП, и типового проекта опор. Особенно ярко это проявляется в горных и слабо изученных территориях, поскольку ключевые климатические характеристики – максимальная скорость ветра и максимальная толщина стенки гололеда, вероятные 1 раз в 25 лет – имеют свойства расти с подъемом от подножия к вершине склонов [Подрезов, 1990]. При картографировании этих показателей имеет смысл пользоваться либо детерминированными зависимостями от приведенной (нормализованной) высоты, либо пространственно взвешенной регрессии от множества факторов: высоты, удаленности от морских побережий, защищенности от преобладающих направлений ветра и других.

Опасные природные явления: карст, лавины, сели, оползни и прочие – в обязательном порядке наносятся на соответствующие карты при обосновании вариантов трасс ЛЭП. Существуют достаточное количество методик, позволяющих оценить селеопасность и лавиноопасность горных территорий [Ревякин, Кравцова, 1977; Перов, 2012] на основе открытых данных о рельефе (цифровые модели рельефа), геологии (Госгеолкарта-200) подстилающей поверхности (ДДЗ) и количестве осадков (климатические справочники). Для многих других природных явлений возможностей использования открытых данных меньше.

Санитарные и хозяйственные ограничения определяются рядом объектов, включая существующие электрические сети, трубопроводы, транспортную сеть, населенные пункты, особо охраняемые природные территории, объекты культурного наследия и т. д. При картографировании этих объектов важно учитывать не только их непосредственную локализацию, но и наличие охранных, санитарных зон вокруг них. Эти зоны могут зависеть как от характеристик самого объекта, так и от особенностей проектируемой ЛЭП [Новаковский и др., 2017а]. Источником данных служат Публичная кадастровая карта, генеральные планы поселений и ДДЗ очень высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

Оценка потенциального воздействия на окружающую среду на этапе предварительного проектирования ЛЭП также может опираться на открытые данные – цифровые модели рельефа, геологическую карту масштаба 1 : 200 000, ДДЗ высокого и очень высокого пространственного разрешения. Ключевые аспекты воздействия подразделяются на вероятность активизации эрозии, вероятность заболачивания, степень модификации природно-территориальных и природно-антропогенных комплексов и фрагментацию лесных массивов просеками ЛЭП (рис. 1) [Luken et al., 1992; Soini et al., 2009].

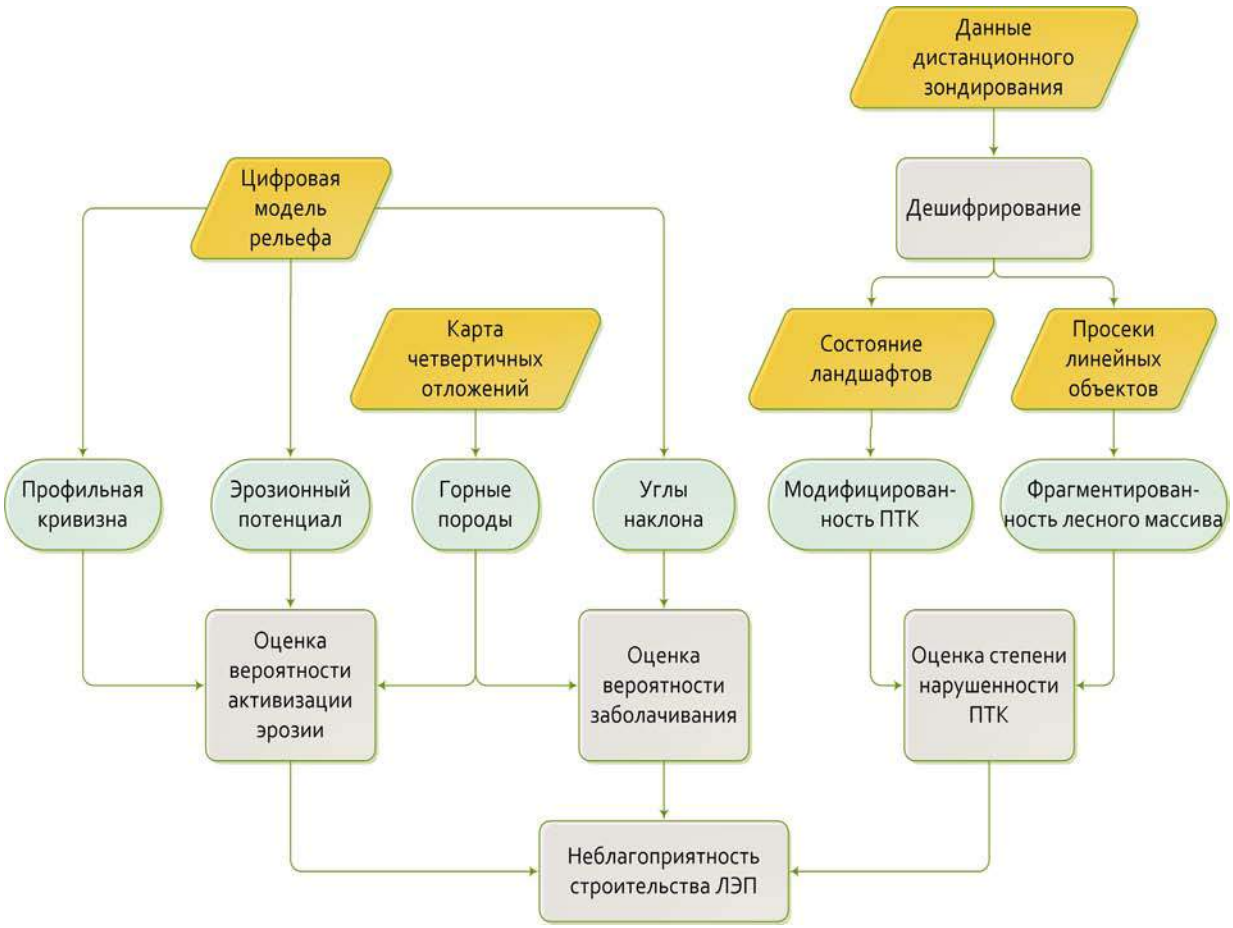


Рис. 1. Информационный процесс при картографической оценке потенциального воздействия на окружающую среду: параллелограммами показаны исходные данные, овалами – промежуточные показатели, прямоугольниками – процедуры
Fig. 1. Information process during the map assessment of the potential impact on the environment: parallelograms show the original data, ovals show intermediate parameters, rectangles – the procedures

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вся структура принятия решений при обосновании вариантов трассы линий электропередач может быть представлена в виде схемы (рис. 2). При следовании данной схеме серия карт позволяет обеспечить двухуровневую многовариантность размещения линейного объекта. Это свойство заключается в многовариантности маршрута ЛЭП, т. е. выборе пунктов электрической сети, которые будут соединены новым линейным объектом, и многовариантности трассы ЛЭП, т. е. конкретной реализации маршрута линии на местности.

Серыми параллелограммами показаны исходные данные для составления карт и геоинформационного моделирования. Прямоугольниками показаны процедуры обработки, анализа и моделирования первичных или производных пространственных данных. Ромбы – промежуточные модели или представление данных, которое необходимо для дальнейшего анализа. Фигуры – конкретные карты, составленные на основе анализа и моделирования. Пунктирной линией разделяются концептуальные блоки: верхний блок – сбор исходных данных, левый блок – обоснование маршрута ЛЭП, правый блок – оценка территории с точки зрения возможности размещения ЛЭП, нижний блок – обоснование вариантов трассы ЛЭП.

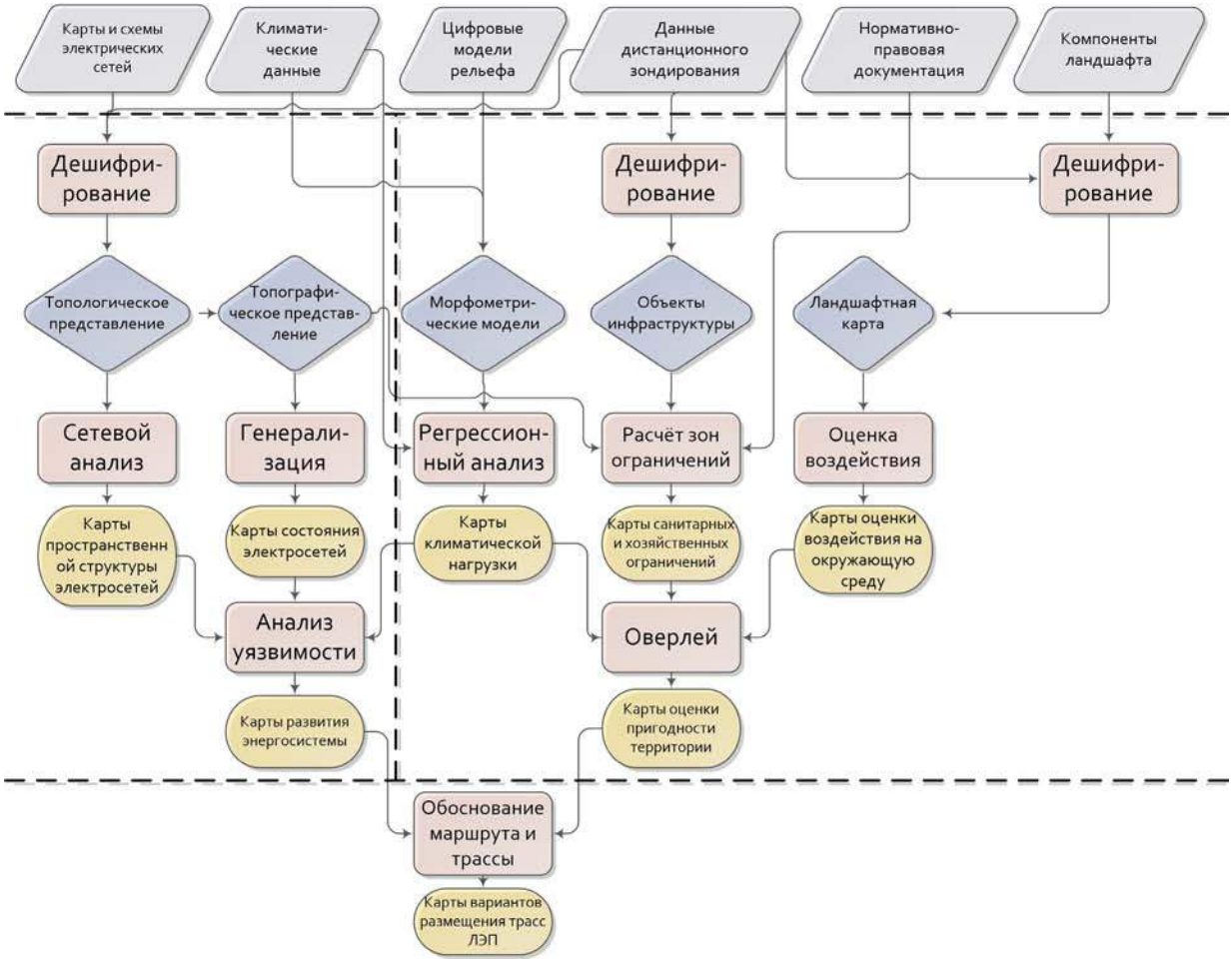


Рис. 2. Общая схема методики создания картографического обеспечения предпроектных исследований при строительстве ЛЭП
Fig. 2. The general scheme of the creation of cartographic support for preliminary studies in case of power lines construction

Совмещение отдельных слоев базы пространственных данных, участвующих в разных картах, может осуществляться по-разному. Нами был выбран путь ранжирования через балльные оценки и нахождение среднего геометрического балла при совмещении нескольких слоев. Другой вариант представляет собой использование взвешенного оверлея, где каждому слою соответствует вес, отражающий значимость той или иной группы интереса при проектировании объекта [Monteiro et al., 2005; Schmidt, 2009; Yildirim, Nisanci, 2010; Eroglu, Audin, 2015].

ВЫВОДЫ

Разработанная методика создания картографического обеспечения при предварительном обосновании трассы ЛЭП характеризуется несколькими ключевыми свойствами:

– Использование открытых данных при картографировании в средних масштабах (1 : 200 000–1 : 500 000);

– Согласованность представления данных в базе пространственных данных и на картах;

– Иерархический процесс обоснования, основанный на последовательном учете различных природных и социально-экономических факторов;

– Двухуровневая многовариантность размещения ЛЭП, позволяющая сначала определить оптимальный маршрут, а затем оптимальную трассу с учетом различных групп интереса.

Таким образом, использование данной методики позволяет повысить эффективность планирования развития энергосистемы и проектирование трассы ЛЭП путем использования картографических, геоинформационных и аэрокосмических методов, а также методов из теории графов и регрессионного анализа.

Представленные в статье итоги исследований являются частью работ, выполняемых авторами по проекту, поддержанному РФФИ и РГО № 17-05-41115 РГО_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каргашин П.Е., Новаковский Б.А., Прасолова А.И., Карпачевский А.М.* Изучение пространственной конфигурации электросетей по космическим снимкам // Геодезия и картография. 2016. № 3. С. 50–55.
2. *Новаковский Б.А., Прасолова А.И., Карпачевский А.М., Филиппова О.Г.* Картографирование структуры изолированных энергосистем (на примере Камчатского края, Магаданской и Сахалинской областей) // Геодезия и картография. 2017а. № 5. С. 56–63.
3. *Новаковский Б.А., Каргашин П.Е., Карпачевский А.М.* Геоинформационный анализ территории для автоматизированного выбора трассы ЛЭП // Геоинформатика/Geoinformatika. 2017б. № 2. С. 30–38.
4. *Перов В.Ф.* Селеведение. Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.
5. *Подрезов О.А.* Опасные скорости ветра и гололедные отложения в горных районах. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 224 с.
6. *Ревякин В.С., Кравцова В.И.* Снежный покров и лавины Алтая. 1977. 213 с.
7. *Eroglu H., Audin M.* Optimization of electrical power transmission lines' routing using AHP, fuzzy AHP, and GIS // Turk J Elec Eng & Comp Sci. 2015. No 23. P. 1418–1430.
8. *Luken J.O., Hinton A.C., Baker D.B.* Response of Woody Plant Communities in Power-Line Corridors to FrequentAnthropogenic Disturbance // Ecological Applications. 1992. V. 2, No 4. P. 356–362.
9. *Matikainen L., Lehtomäki M., Ahokas E., Hyyppä J., Karjalainen M., Jaakkola A., Kukko A., Heinonen T.* Remote sensing methods for power line corridor surveys // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2016. No 119. P. 10–31.
10. *Monteiro C., Ramires-Rosado I.J., Miranda V., Zorzano-Santamaria P.J., Garcia-Garrido E., Fernandez-Jimenez L.A.* GIS spatial analysis applied to electric line routing optimisation // IEEE Transactions on Power Delivery. April 2005. V. 20, No 2. P. 934–942.
11. *Motter A.E., Lai Y-C.* Cascade-based attacks on complex networks // Physical Review E. 2002. No 66 (6). 065102. 4 p.
12. *Pagani G.A., Aiello M.* The Power Grid as a Complex Network: a Survey // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2013. V. 392, No 11. P. 2688–2700.
13. *Schmidt A.J.* Implementing a GIS Methodology for Siting High Voltage Electric Transmission Lines // Papers in Resource Analysis. 2009. V. 11. 17 p.
14. *Soini K., Pouta E., Salmiovirta M., Uusitalo M., Kivinen T.* Perceptions of power transmission lines among local residents: A case study from Finland. Helsinki, 2009. 22 p.
15. *Yildirim V., Nisanci R.* Developing a geospatial model for power transmission line routing in Turkey // FIG Congress 2010. Facing the challenges - Building the capacity. Sydney, Australia, 2010.

REFERENCES

1. *Eroglu H., Audin M.* Optimization of electrical power transmission lines' routing using AHP, fuzzy AHP, and GIS. Turk J Elec Eng & Comp Sci. 2015. No 23. P. 1418–1430.

2. *Kargashin P.E., Novakovsky B.A., Prasolova A.I., Karpachevsky A.M.* Study of the isolated power grid spatial configurations using space images. Geodesy and Cartography. 2016. No 3. P. 53–58 (in Russian).
3. *Luken J.O., Hinton A.C., Baker D.B.* Response of Woody Plant Communities in Power-Line Corridors to FrequentAnthropogenic Disturbance. Ecological Applications. 1992. V. 2, No 4. P. 356–362.
4. *Matikainen L., Lehtomäki M., Ahokas E., Hyyppä J., Karjalainen M., Jaakkola A., Kukko A., Heinonen T.* Remote sensing methods for power line corridor surveys. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2016. No 119. P. 10–31.
5. *Monteiro C., Ramires-Rosado I/J., Miranda V., Zorzano-Santamaria P.J., Garcia-Garrido E., Fernandez-Jimenez L.A.* GIS spatial analysis applied to electric line routing optimization. IEEE Transactions on Power Delivery. April 2005.V. 20, No 2. P. 934–942.
6. *Motter A.E., Lai Y-C.* Cascade-based attacks on complex networks. Physical Review E. 2002. No 66 (6). 065102, 4 p.
7. *Novakovsky B.A., Kargashin P.E., Karpachevsky A.M.* GIS-analysis of the territory for automated power line routing. Geoinformatika. 2017a. No 2. P. 30–38 (in Russian).
8. *Novakovsky B.A., Prasolova A.I., Karpachevsky A.M., Filippova O.G.* Mapping of the isolated power grids spatial structure (case study of Kamchatka, Magadan and Sakhalin regions). Geodesy and Cartography. 2017b. No 5. P. 56–63 (in Russian).
9. *Pagani G.A., Aiello M.* The Power Grid as a Complex Network: a Survey. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2013. V. 392, No 11. P. 2688–2700.
10. *Perov V.F.* Selevedenie. Moscow, MSU, faculty of geography, 2012. 272 p.
11. *Podrezov O.A.* Dangerous wind speeds and ice deposits in mountainous areas. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 224 p.
12. *Revyakin V.S., Kravtsova V.I.* Snow cover and avalanches of the Altai. 1977. 213 p.
13. *Schmidt A.J.* Implementing a GIS Methodology for Siting High Voltage Electric Transmission Lines. Papers in Resource Analysis. 2009. V. 11. 17 p.
14. *Soini K., Pouta E., Salmiovirta M., Uusitalo M., Kivinen T.* Perceptions of power transmission lines among local residents: A case study from Finland. Helsinki, 2009. 22 p.
15. *Yildirim V., Nisanci R.* Developing a geospatial model for power transmission line routing in Turkey. FIG Congress 2010. Facing the challenges - Building the capacity. Sydney, Australia, 2010.

Andrew N. Beshentsev[1], Darima Ts. Tsibudeeva[2]

GEOINFORMATION MONITORING OF WATER USE IN LAKE BAIKAL BASIN

ABSTRACT

The modern importance of optimizing the use of water resources in the Baikal natural territory (BNT) is indicated. A universal methodology for a comprehensive assessment of the region's water management activities based on geo-information technology is proposed. The research stages are described, including the natural and economic zoning of the territory, the ranking by intensity of the aggregate anthropogenic load on water bodies and river basins, zoning of the territory to optimize the target use of water resources. The GIS of water use in the BNT on the basis of materials of federal statistical information is presented. According to the results of the geo-information analysis, 13 natural-economic areas with characteristic geo-ecological characteristics of water resources formation were identified and spatial regularities of location of water use objects in the investigated territory were revealed. As a result of zoning of the territory for the purposeful use of water resources, 5 zones were identified in the study area for the specific use of water objects, regulated by environmental restrictions on economic activities at the BNT, and also by the nature and intensity of the current and projected water use. A set of measures to optimize water use within the zones of targeted use of water resources is proposed. It is determined that the main water management activities in the study area are associated with the preservation of the ecological system of the lake Baikal and with the prevention of the negative impact of water use on its condition.

KEYWORDS: water use, water management objects, GIS, geoinformation assessment, zoning.

INTRODUCTION

The diversity of natural and climate conditions and the presence of territories with different regimes of ecological restrictions in nature development in the Baikal Natural Territory (BNT) have a considerable effect on the territorial and sectoral organization of water resources development in the Russian part of Baikal Basin, more than 72 % of whose area is located in the territory of the Republic of Buryatia (RB). The optimization of water management activity requires determining regional specifics of water resources formation and the environmental consequences of their use, as well as reliable protection of local and background levels of anthropogenic load onto water objects and river basins. In this context, it was found necessary to divide the lake basin into zones of purpose-oriented management of water resources, ensuring the timely solution of the problems of territorial management and planning of environmentally safe water use. By now, a method for differentiating a territory by total anthropogenic load [Rybkina, 2011] and a procedure for evaluating water pollution index in the zone of influence of mining plants [Lozovik, 2014] have been developed. A procedure for assessing anthropogenic load onto a water body with respect to river flow in a studied section [Selezneva, 2007] is in wide use. A method has been proposed for identifying priority water-protection measures in a river basin based on target water quality characteristic [Belyaev, 2013]. To support managerial decisions in water management, a geoinformation algorithm was developed for the analysis and assessment

[1] Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Sakhyanovoy str., 8, 670047, Ulan-Ude, Russia, *e-mail*: **abesh@mail.ru**

[2] Territorial Department of Water Resources for the Repubic of Buryatia, Yenisei Basin Water Administration, Borsoeva str., 3, 670000, Ulan-Ude, Russia, *e-mail:* **dartsib@mail.ru**

of the geoenvironmental conditions of water use in river basins [Tsibudeeva, 2014] and databases are being formed to store and process data on water bodies [Petina, 2010]. Geoinformation methods are in wide use in different countries for the management and automation of water intake and treatment, sewerage, and water supply systems. In particular, the international Smart Water project implies the use of a GIS, incorporating models of water use and hydrosimulation, describing all events taking place in a water use system, along with their treatment rules and specified key efficiency characteristics [Kupriyanovskii, 2014].

MATERIALS AND METHODS

When determining the zones of purpose-oriented use of water resources, one faces the problem of integration of large bodies of spatial qualitative and quantitative characteristics of water management activity. The introduction of geoinformation technology will automate the use of water management data referring to different time intervals and enable reliable differentiation of a territory in terms of the specifics of the existing and anticipated water use. An important problem is the development of a universal methodological apparatus, which will enable the storage, accumulation, and analysis of vast volumes of water management information, including that on the environmental and economic aspects of water use, and will allow promptly answering requests and providing information.

This study generalizes many-year data of federal statistical reporting 2-TP (vodkhoz) and uses topographic and thematic maps, as well as remote-sensing data. The main hydrographic units in the study are water-management areas (WMAs), representing basin-scale river systems. The identification of WMAs is based on the need for effective management of water resources and meets the requirements of the approved hydrographic and water-management zoning of the Russian Federation. To optimize the regional water use, a method of geoinformation assessment of regional water use was developed, incorporating geoinformation procedures for formalization of statistical data, their assessment and analysis, the mapping of water management objects and processes, and the formulation of recommendations to improve the efficiency of territorial managerial decisions (Fig. 1).

According to the proposed method, the first stage includes studying the territory and forming an inventory of water use objects within the WMA and river basins by collecting data on the physiographic and socioeconomic conditions on the territory, and the sectoral directions of the economic use of water resources. The collection, treatment, and analysis of geodata, characterizing the objects and processes of regional water use, are carried out in ArcGIS geoinformation environment. Therefore, the result of the first stage is the creation of a GIS of the area under study and a database of water management objects and processes. The functional task of such system is the continuous spatial and qualitative–quantitative information-based assessment of water use in the territory interrelated with the environmental assessment of the effects of water-management activities. The final product of the system is a set of universal cartographic models and typical geoinformation requests regarding the development of objects and territories of water use, which form under the effect of users' requirements.

Data on groups of single-type water-management objects are logically organized into digital thematic layers. The qualitative–quantitative data on objects are combined into an attribute table in the form of a set of numbers or symbols and referred to coordinates through a unique identifier of the object. For different-time data, additional time identifiers are introduced and the objects are organized into thematic layers for different time moments. A relational model of geodata presentation is used in geoinformation technology to form an attributive model of the storage of data on water management object. In addition to water management data, digital thematic layers (landscapes, soils, land use, etc.) are also used in GIS. The geoinformation mapping

and combining all layers results in the formation of a cartographic cover for assessing water use in river basins, which contains attributes of all combined layers. In this case, for the layer "Water Management Areas," a database on water use is formed, containing different-time characteristics of water intake and discharge, limits and quotas of water resources withdrawal from water objects, and the characteristics of water quality and pollution.

Fig. 1. Method of geoinformation monitoring of water use

The interactive work with the database is implemented through information requests. For example, in the case of a request "to rank river basins by the dynamics of water withdrawal in 2006–2014," the first step of request processing will be the choice of simulation objects (river basins). Next, water withdrawal in the basin is recorded (water withdrawal) and automated assessment of the process is implemented (water withdrawal dynamics). The result of these operations is that GIS formulates an answer in cartographic, graphic, and tabular form. The cartographic model reflects the spatial development of the phenomenon and territory with a positive (water intake has increased) and negative (water intake has decreased) dynamics; the graphic model gives a quantitative estimate of the process as a whole for each WMA; and the tabular model is a relational table, containing metric parameters of water use characteristics.

At the second stage, the physiographic features of river basins, WMA, and water use objects are assessed. The mapping gives the boundaries of WMAs and administrative regions in whose territory they are located and refers the populated localities and water objects to administrative regions and river basins. The next step is the analysis of the natural conditions under which water resources are formed and the socioeconomic organization of water use. This includes the assessment of orographic, climatic, hydrological, and hydrochemical conditions, water regime types of rivers, and the existing types of water use. The result of the second stage of the procedure is the natural–economic zoning of the territory, i.e., the division of river basins into zones by the geoecological conditions of water use, considering the wide natural diversity of river basins and subbasins, the specifics and intensity of their economic development, as well as the current ecological restrictions on water use in BNT. For example, two regions were chosen in the Selenga basin:

(1) Selenga medium-mountain–low-mountain, taiga–subtaiga–steppe region of multipurpose use;

(2) Ust'-Selenga low-mountain–lowland, subtaiga and delta–medow–bog region of fishery and agricultural use.

At the third stage, thematic layers are introduced in GIS, corresponding to the territorial distribution of industrial and agricultural enterprises, concentration of population in each administrative region and river basin, and appropriate statistical data. Next the load per basin unit area is calculated: industrial, by the volumes of industrial production; demographic, by population size; agricultural, by the cattle population and arable land areas. The obtained results form the basis for calculating the total anthropogenic load onto the drainage area. Wastewater load onto water bodies is estimated as the ratio of the total wastewater discharge volume to the mean long-term river water discharge at a given gage [6]. To assess the environmental conditions of water objects, water consumption and disposal are mapped with identification of surface water pollution sources. The result of estimation is the ranking of the territory by the intensity of total anthropogenic load.

The geoinformation analysis of the layers of natural–economic zoning and the ranks of river basins by the total anthropogenic load are used at the fourth stage to identify problem territories and water objects, to reveal the causes of the problems, and to assess the dynamic of anthropogenic impact. Next, the territory is differentiated into individual zones of purpose-oriented use of water resources with similar natural and socioeconomic conditions, single-type water use regime, the type of water resources use, similar levels of total anthropogenic load. The final step in the procedure is the development, for each zone, of a system of measures for improving regional water use in river basins and recommendations for creating optimal conditions for rational and environmentally safe water use.

RESULTS

The natural–economic zoning of RB territory identifies 13 regions with characteristic geoecological conditions of water resources formation, which differ in the territorial–sectoral structure of water use and the specifics of the economic development of the territory, as well as the actual environmental restrictions in the use of water resources in BNT. Spatial regularities were identified in the distribution of water use objects in RB territory:

agricultural objects are mostly localized in the steppe and forest-steppe southern and southeastern RB regions with favorable agroclimatic conditions;

recreation objects are concentrated along Lake Baikal coast in accordance with the specific environmental status of the BNT;

industrial and municipal objects are distributed irregularly with a center in the middle reaches of the Selenga Basin.

The assessment and ranking of river basins and water objects by the size of anthropogenic load revealed environmental problems in the region and their spatial localization and identified the

exact location of pollution sources and their effect on water management situation. The intensity of the total anthropogenic load on river basins is estimated by the parameters of areal and point impact, and RB water objects were ranked by the load of wastewater and pollutants on them. The ranking of river basins by the total anthropogenic load showed that the demographic, industrial, and agricultural impact is largest in the Selenga R. Basin in its middle reach; the load is very small in the peripheral river basins with severe climate conditions, poor transport infrastructure, and weakly developed economy.

The results of RB zoning by the purpose-oriented use of water resources were used to identify five zones in the examined territory by the formation conditions of water resources and the specifics of the use of water objects, subject to environmental limitations of economic activity on BNT and by the character and intensity of the existing and anticipated water use. The scheme of territorial zoning is the geoecological basis of the examined part of Baikal Basin for the development of targeted system of federal and municipal measures for ensuring the sustainable and safe water use in river basins, for reducing all types of anthropogenic load and maintaining the quality of natural waters (Fig. 2).

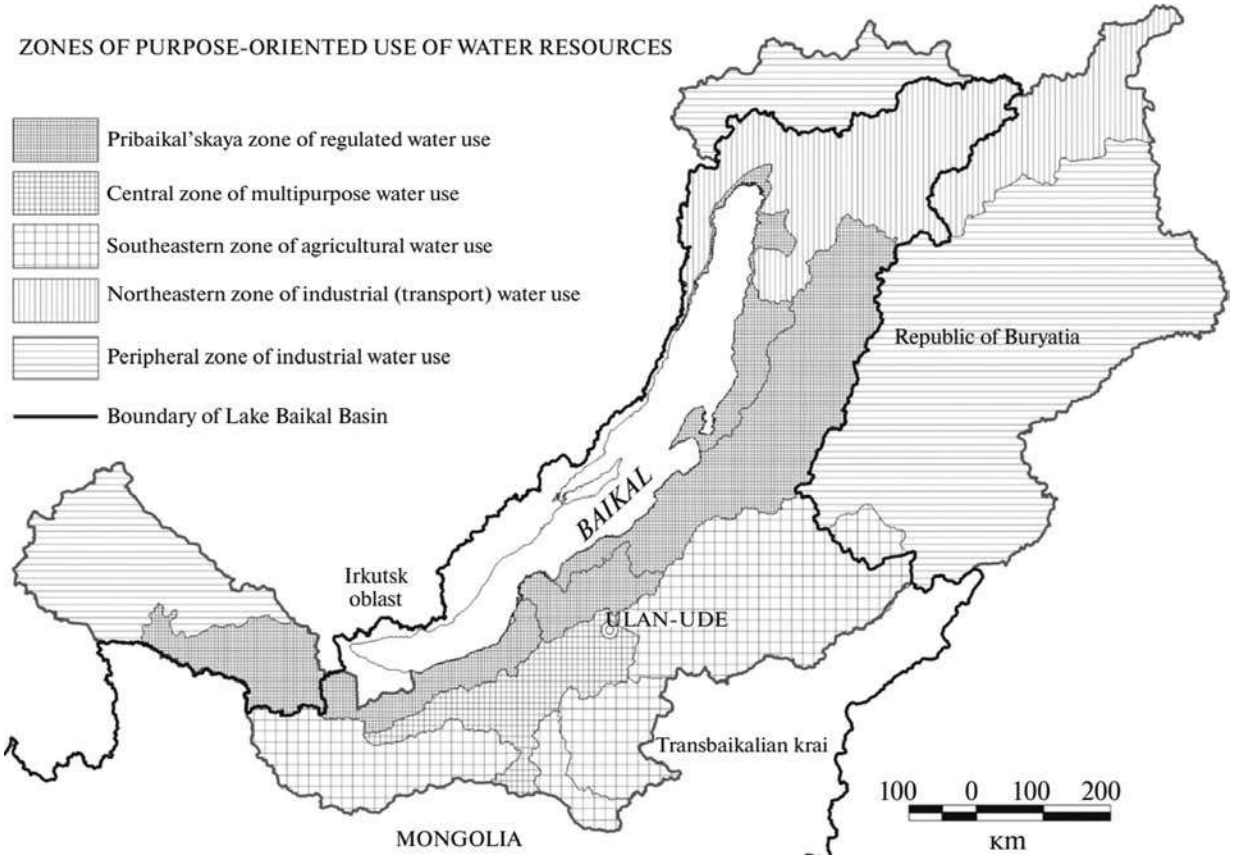


Fig. 2. Zoning the territory of the Republic of Buryatia by the purpose-oriented use of water resources

To optimize the water use in each zone, a system of scientific and engineering recommendations was developed, aimed to ensure water supply to the economy and population by water of appropriate quality, considering the regional features of water resources formation and the perspectives of socioeconomic development of the territory. The system of measures is underlain by the provisions of RF Water Code, Water Strategy, FL "On the Protection of Lake Baikal," federal and regional purpose-oriented programmes, orders and decrees of RF Government.

The Baikal Zone of regulated water use includes the basins of the Irkut and Selenga rivers in their lower reaches, as well as the basins of Lake Baikal tributaries in its northern, middle, and southern

parts (according to RF hydrographic zoning), which fully or partially enter the Central Ecological Zone of BNT. Irkut R. Basin is included in this zone because of the Tunkinskii National Park, located in its area and confined to the depression with the same name, which is a part of the Baikal Rift Fault.

The major water-management measures in the zone are aimed to preserve the ecological system of Lake Baikal and to prevent the adverse effect of water use on its state. The measures include the following: technical upgrading and reconstruction of the existing water disposal systems based on up-to-date wastewater treatment technologies, the assessment of the actual recreation load on water objects and their watersheds, monitoring the coastal and water areas for prompt identification of the signs of eutrophication of water streams and bodies, the construction of up-to-date tourist resorts with developed engineering infrastructure, minimization of the adverse effect on water resources of unorganized tourism.

The Central Zone of multipurpose water use covers the Selenga R. Basin in its middle reach. The intense water use here contributes to largest pollution of natural water in the basin; hence, water protection and water-saving measures are to be taken: modernization of wastewater treatment facilities with the use of upto-date technologies and equipment for treatment; reduction of ineffective consumption by introducing modern water gages and new sanitary equipment, reduction of losses in engineering networks; accounting for diffuse runoff from economically developed territories; assessment of the effect of forest cutting on the hydrological regime of rivers and the formation of surface and subsurface runoff. In addition, integrated studies are to be carried out to assess the effect of the Gusinoozerskaya SDPP and polluted wastewaters from Gusinoozersk T. on the hydrological and hydrochemical regimes of Lake Gusinoe, as well as the development of simulation models of territorial runoff distribution of water objects in the Selenga Basin.

In the Southeastern Zone of agricultural water use, water resources are mostly used in agriculture, while the volumes of household water use and seasonal water withdrawal for irrigation are insignificant. When planning the intensification of agricultural production, attention should be paid to the possible future excessive water withdrawal from rivers, especially in dry periods. Programs are to be developed and implemented for the recovery of water objects (especially, small and very small streams) and anthropogenically disturbed watersheds; the discharge volumes of polluted wastewater are to be reduced stage by stage; effective systems of centralized water supply and disposal are to be developed; the ecological safety of engineering means and technologies in agriculture should be improved; the measures to be implemented are to include monitoring river runoff changes in steppe zone under the effect of agricultural activity and analysis and reduction of diffuse runoff from economically developed territories; the application of chemical fertilizers and other hazardous substances is to be strictly controlled, and their environmentally safe storage is to be ensured; the effect of forest cutting on the hydrological regime of rivers and the formation of surface and subsurface runoff is to be evaluated; simulation models are to be developed for pollutant propagation from point and diffuse sources; irrigation systems are to be modified with the use of up-to-date technologies of water intake for irrigation of agricultural lands; the effect of coal-mining industry on water objects and the drainage areas of the Tungnui, Sukhara, and Khilok is to be studied.

The Northeastern Zone of industrial (transport) water use includes river basins of the northern Baikal Basin and the reach of the Vitim R. from Spitsino Settl. to Bodaibo T. The Baikal–Amur Mainline passes here. In RB development program, the SeveroBaikal'skii raion is regarded as a zone of development of tourism of natural–ecological, medicinal, and sport and health-improving directions. The major water protection measures are to include the increase in the share of legitimate water use, the prompt reconstruction of treatment facilities, in rationalization of water resources use by equipping water intake stations by monitoring instruments.

The Peripheral zone of industrial water use includes the basins of Angara left tributaries and the upper reaches of the Vitim R., where water is used by gold-mining teams and gold mines.

The problems of water use are mostly related with the adverse ecological effects of mining plants operation (river pollution by heavy metals, channel deformations, etc.). In this case, comprehensive analysis of the effect of placer and hardrock gold mining on the ecosystems of river basins is required along with the construction of water-intake wells and the development of effective systems of centralized water supply and disposal.

CONCLUSIONS

The developed universal method for integrated studies of regional water use ensures reliable estimation and analysis of the main aspects of water-management activity. It can be applied to any territories as the geoinformation support of territorial water management. The application of the method revealed the physiographic and socioeconomic regularities in the organization of water use in the Russian part of Lake Baikal Basin. For the first time, river basins were ranked by the intensity of total anthropogenic load on them. The zoning of the territory by the purpose-oriented use of water resources enabled the development of a system of measures to ensure the sustainable and safe water use in river basins and the reduction of all kinds of anthropogenic load on water objects. The developed GIS of water use is a program-controlled complex of continuously recording and assessing the processes of formation and use of water resources; it meets the international requirements to such products, is open for supplementing it with qualitative and quantitative data. The introduction of the GIS in the functioning of governmental agencies for management and planning of the neighboring states (Mongolia) will contribute to more efficient intergovernmental nature-protection and socioeconomic interaction in the sphere of transboundary water object management.

REFERENCES

1. *Belyaev S.D., Mikhailova T.I., Odintseva G.Ya., Chaikina T.I.* The choice of priorities in water protection activity based on water quality targets: case study of the Oka Basin, Vod. Khoz. Rossii: Probl., Tekhnol., Upravl. 2013. No 2. P. 6–25 (in Russian).

2. *Kupriyanovskii V.P., Tishchenko P.A., Raevskii M.A., Shilov I.V., Shchichko A.S.* Smart Water: Integrated Water Resources Management Based on Smart Technologies from Esri and IBM, ArcRev. 2014. V. 68, No 1. Web resource http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=17017&SECTION_ID=1048 (in Russian).

3. *Lozovik P.A., Kulakova N.E.* Methodological approaches to pollution assessment in water bodies within the operation zone of mining plants, Water Resources. 2014. V. 41, No 4. P. 464–472 (in Russian).

4. *Petina M.A.* The use of geoinformation technologies in decision support systems in water resources management: case study of Belgorod oblast, Nauch. Vedom., Ser. Estestv. Nauiki, 2010. V. 92, No 21. Iss. 13. P. 150–156 (in Russian).

5. *Rybkina I.D, Stoyashcheva N.V., Kurepina N.Yu*. Method for zoning river basin territory by total anthropogenic load: case study of Ob–Irtysh Basin, Vod. Khoz. Rossii: Probl., Tekhnol., Upravl., 2011. No 4. P. 42–52 (in Russian).

6. *Selezneva A.V.* From Monitoring to Standardization of Anthropogenic Load on Water Objects. Samara: Sam. Nauch. Ts., Ross. Akad. Nauk, 2007 (in Russian).

7. *Tsibudeeva D.Ts.* Geoecological conditions of water use in river basins of the Republic of Buryatia. PhD dissertation. Barnaul, 2014. 187 p. (in Russian).

УДК 528.9

Васильев О.Д.[1], Чистов С.В.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛЕСОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА: МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены некоторые результаты исследования экологических функций лесов на модельные ландшафты Московской области. Для исследования выбраны ландшафты ледникового и водно-ледникового генезиса в различных физико-географических провинциях Московской области: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности, Мещерской низменности. Авторами предложена методика картографической оценки различных экологических функций: средоформирующих и защитных. В качестве базовой единицы оценки экологического потенциала выбрана эпиассоциация [Сочава, 1972]. Эпиассоциация отражает экологическое состояние лесного покрова, так как дает возможность через соотношение коренных, коротко- и длительнопроизводных сообществ определить степень антропогенного воздействия и сохранности экологических функций лесов. В работе проведена оценка ценотического разнообразия лесов модельных ландшафтов, обновлено содержание карты растительности Московской области 1 : 200 000. По космическим снимкам системы Landsat путем вычисления вегетационного индекса были ранжированы эпиассоциации по группам средообразования, а также вычислены величины продуцирования кислорода и годового депонирования углерода лесными эпиассоциациями по методике [Уткин и др., 2003; Варфломеев, Мироненко, 2012]. Наиболее высокие значения продуцирования кислорода присущи мелколиственным лесам с ольхой серой и черной, лещиной и ивой в составе. Были составлены соответствующие карты оценки средоформирующих функций лесов. С помощью привлечения дополнительных картографических и иных источников информации была проведена оценка выполнения эпиассоциациями защитных функций: противоэрозионной, водосберегающей, биостационной, сохранения видового разнообразия. На основе исследования создана серия сопряжённых эколого-географических карт.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологические функции лесов, ландшафтный комплекс типов леса, дистанционное зондирование лесов, продуцирование кислорода, депонирование углерода, устойчивое развитие.

---

[1] Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, стр. 1, Москва, Россия.
Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Кропоткинский переулок, д. 6, Москва, Россия, *e-mail:* **vasilyev_vizin@bk.ru**

[2] Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, стр. 1., Москва, Россия, *e-mail:* **svchistov@mail.ru**

Oleg D. Vasilyev[1], Sergey V. Chistov[2]

RESEARCHING AND CREATING MAPS OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF FOREST IN MOSCOW REGION: THE METHOD AND RESULTS

ABSTRACT

The article presents some results of the study of the forests ecological functions in Moscow region. The reference landscapes of glacial and water-ice genesis have been chosen in various physico-geographical regions, such as Verkhnevolzhskaya lowland, Klinsko-Dmitrovskaya range, Teplostanskaya Upland, Meshcherskaya lowland.

The authors proposed a method of mapping the evaluation of environmental-forming and protective ecological functions. As a basic unit of assessment, an epiassociation is chosen [Sochava, 1972]. The epiassociation represent the ecological condition of the forest cover, as it gives the possibility of using the ratio of indigenous, short- and long-term communities to determine the extent of human impact and preservation of forest ecological functions.

The article presents an estimation of the forests cenotic variety for reference landscapes in Moscow region. The authors have also updated the vegetation map of the Moscow region (scale 1 : 200 000). The epiassociation were ranked by groups of environmental-forming ability using the Landsat satellite data. The values of production of oxygen and annual deposition of carbon by forest epiasociations were calculated in accordance with method by [Utkin et al., 2003; Varfolomeev, Mironenko, 2012]. The highest values of the oxygen production are characteristic of small-leaved forests with gray and black alder, hazel and willow in the composition. The authors created unique maps for the evaluation of environmental-forming functions of forest. The protective functions of forests: anti-erosion, water-saving, biostation, conservation of species diversity, – were estimated and described using additional cartographic and other sources of information ecological maps. Conjugated ecological map series was developed as a result of this study.

KEYWORDS: ecological functions of forest, landscape complex of forest types, remote sensing of forest, oxygen production, carbon deposition, sustainable development.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемам экологии и экологического состояния территорий уделяется довольно большое внимание в последнее время на всех уровнях. 2017 г. был объявлен в России «Годом экологии». К реализации «Года экологии» приурочили много различных природоохранных мероприятий. В 2017 г. в Московской области было создано 11 новых ООПТ, которые направлены, прежде всего, на сохранение и развитие экологического каркаса региона [http://www.mosoblduma.ru/Press_centr/news/item/109477/].[3] Понятие экологического каркаса тесно связано с понятием природного каркаса. Строго говоря, любой природный каркас является экологическим, но не любой экологический является природным, поскольку последний может включать антропогенные структуры (например, искусственные лесополосы, каналы, агроценозы, сады и т. д.), выполняющие важные экологичес-

[1] Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty, Leninskie gory, 1, b. 1, Moscow, Russia
Zubov State Oceanographic Institute, Kropotkinskiy pereulok, 6, Moscow, Russia. *e-mail:* **ovasilyev@geogr.msu.ru**
[2] Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty, Leninskie gory, 1, b. 1, Moscow, Russia, *e-mail:* **svchistov@mail.ru**

[3] В Московской области было создано 11 ООПТ общей площадью 17956 га [Электр. ресурс] // Московская областная дума. URL: http://www.mosoblduma.ru/Press_centr/news/item/109477/ (дата обращения: 29.03.2018)

кие функции, в то время как первый связан только с природной средой [http://studopedia.ru/8_170192_prirodniy-karkas-i-ekologicheskie-funktsii-territorii.html].[1]

Важнейшей составляющей как экологического, так и природного каркаса является лесной покров, который составляет их ядра. Именно поэтому вопросам сохранения зеленых массивов уделяется повышенное внимание среди властных структур. Московский регион характеризуется большой степенью антропогенного преобразования, поэтому вопросы сохранения зеленых территорий как ядер экологического каркаса необходимо учитывать при составлении Генеральных планов развития территории. В прошлом веке уделялось повышенное внимание преобразованию природы: вырубались лесные массивы, проводилась мелиорация, выполнялись иные преобразования природной среды. Последствия того бесконтрольного вмешательства в природу наглядно видны до сих пор: когда-то осушенные водно-болотные угодья вновь наполняются водой, высаживаются специальные лесозащитные полосы для предотвращения эрозионных процессов, создаются новые зеленые зоны. Все леса присоединенных к Москве в 2012 г. территорий специальным указом мэра г. Москвы переводятся в особо охраняемые зеленые территории (ООЗТ), что теоретически должно обеспечить их охрану. Однако до этого леса, охраняемые федеральным законодательством, перешли в охрану городских законопроектов, произошло дробление лесных массивов и на месте вырубленного леса все чаще появляется как малоэтажное, так и многоэтажное жилищное строительство, и организация новых путей сообщения. При этом аналогичная ситуация сохраняется во многих районах Московской области (Балашихинский, Щёлковский, Истринский районы и др.) [http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/].[2] Все это не создает иллюзий относительно возможных последствий в деле охраны лесных геосистем.

Леса как природные экосистемы выполняют различные экологические функции. Функция леса, по мнению М.В. Рубцова, это «его специфическое влияние на факторы среды, явления природы и компоненты биосферы, определяющиеся характером взаимодействия с ними свойствами лесных биогеоценозов» [Рубцов, 1984, с. 3]. Принято выделять несколько больших групп экологических функций: средоформирующие, защитные и стабилизирующие. Наиболее ощутимыми для физиологической потребности людей являются средоформирующие функции лесного покрова, продуцирующего в процессе фотосинтеза кислород и фитонциды, способного очищать атмосферу от многих вредных примесей, создавая необходимые для жизнедеятельности человека параметры среды [Чистов, 1993]. Лес также является важным аккумулятором углерода, ежегодно депонирующим его в процессе фотосинтеза. Так, при образовании 1 т (абсолютно сухой вес) растительной продукции связывается 1,5–1,8 т углекислого газа и высвобождается 1,1–1,3 т кислорода. В расчете на 1 га среднепродуктивного леса в таком случае связывается за год 6–7 т углекислого газа и выделяется 5–6 т кислорода [http://www.ecosystema.ru/07referats/lesn_eco.htm][3].

Углекислый газ (в состав которого входит углерод) является, как известно, важнейшим парниковым газом. Леса и другие растения, почвы и водно-болотные угодья являются важнейшим пулом накопления углерода, на расчет которого направлены усилия многих ученых [Замолодчиков, 2011]. Значимость же лесов в регуляции содержания

---

[1] Природный каркас и экологические функции территории [Электр. ресурс] // Студопедия. URL: http://studopedia.ru/8_170192_prirodniy-karkas-i-ekologicheskie-funktsii-territorii.html (дата обращения: 06.03.2018)

[2] ОНФ встал на защиту подмосковных лесов и зеленых насаждений [Электр. ресурс] // Общероссийский народный фронт. 16.04.2015. URL: http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/ (дата обращения: 25.12.2017)

[3] Лесные экосистемы и проблемы их сохранения [Электр. ресурс] // Ассоциация Экосистема. URL: http://www.ecosystema.ru/07referats/lesn_eco.htm (дата обращения: 08.12.2017)

парниковых газов атмосферы была признана ключевыми международными соглашениями по сохранению глобального климата: Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК ООН), Киотским протоколом и Парижским соглашением [Замолодчиков, 2011]. В таких условиях оценка средоформирующих функций лесов и их возможной утраты является приоритетной в исследованиях экологического каркаса территории.

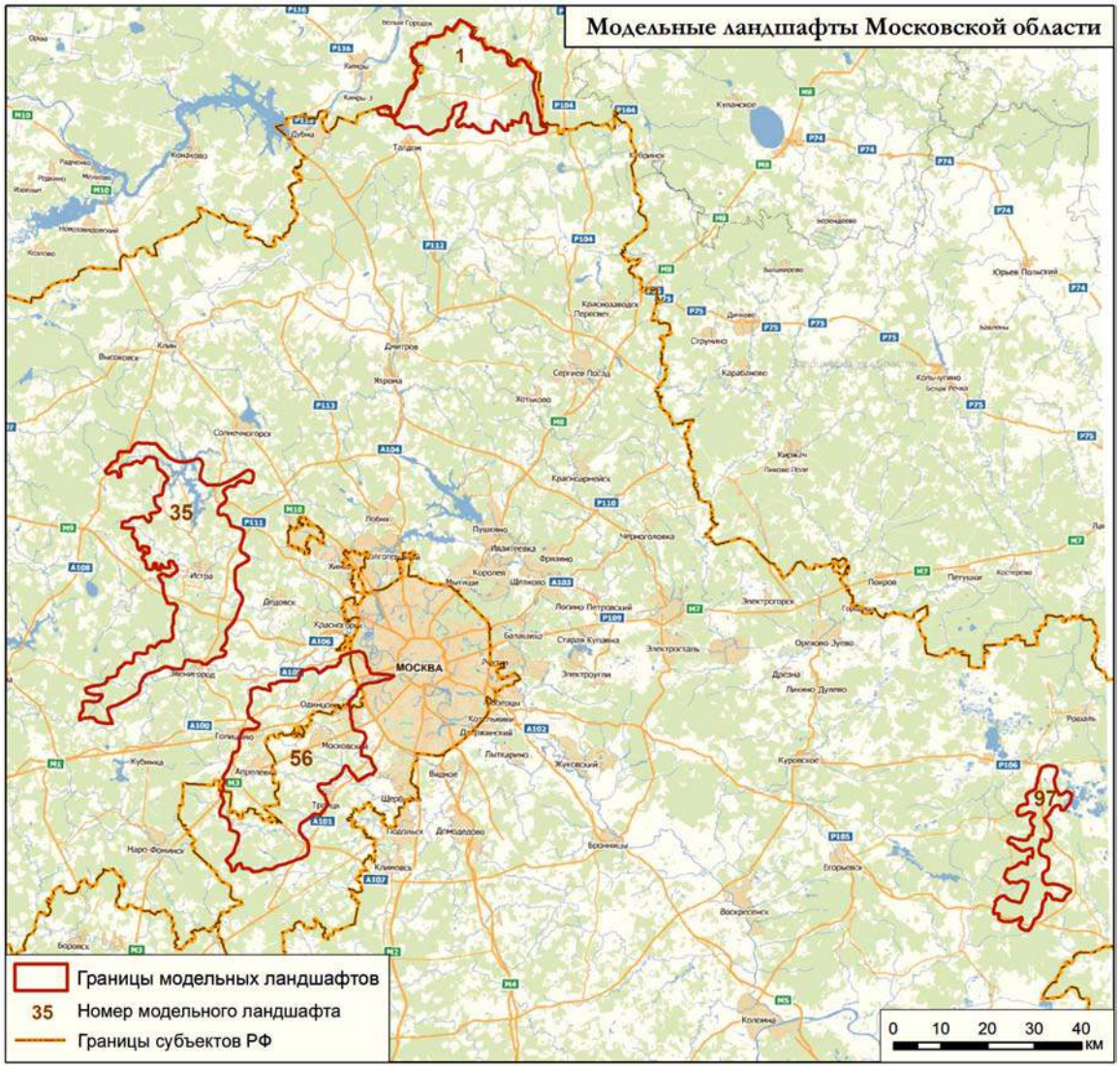


Рис. 1. Модельные ландшафты на территории Московской области (подложка: eAtlas). Индивидуальные номера и названия ландшафтов приведены по работе Г.Н. Анненской [Анненская и др., 1997].

Ландшафты моренно-водноледниковых плоских сырых равнин: 1 – Ермолинский ландшафт; ландшафты волнистых, моренно-водноледниковых, моренных, сырых и свежих равнин: 35 – Истринский ландшафт; Ландшафты волнистых и холмистых, моренных и плоских, водноледниковых, свежих, влажных и сырых равнин: 56 – Апрелевско-Кунцевский ландшафт; Ландшафты возвышенных, волнисто-холмистых и холмистых, моренно-водноледниковых, днепровских и московских, неоднородно дренированных равнин: 97 – Лузгаринский ландшафт

Fig. 1. Reference landscapes in Moscow region (basemap: eAtlas). The individual number and name of landscapes are given from book of G. Annenskaya [Annenskaya, 1997].

1 – Ermolinskii landscape of Verkhnevolzhskaya lowland; 35 – Istrinskii landscape of southern macroslope Klinsko-Dmitrovskaya range; 56 – Aprelevsko-Kuntsevskii landscape of Teplostanskaya upland; 97 – Luzgarinskii landscape of Meshcherskaya lowland

Целью настоящей работы являлась выработка методики исследования и картографирования наиболее характерных экологических функций лесов для выбранных модельных ландшафтов Московского региона. Известно, что смена коренных типов леса на производные приводит к снижению ресурсного и экологического потенциала лесов. В связи с этим в задачи работы входило проследить основные тенденции в динамике с учетом ценотического разнообразия лесов и их ландшафтной приуроченности. В качестве модельных были выбраны ландшафты моренного и моренно-водноледникового генезиса (для возможности сравнения результатов) в пределах основных природных провинций Московской области: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности и Мещерской низменности [Анненская и др., 2005; рис. 1]. Исходя из анализа пространственной структуры лесного покрова в пределах модельных ландшафтов проведена оценка динамики лесного покрова за последние 25 лет. На созданном в результате данной работы базисе и были проанализированы экологические функции лесов.

Работа выполнялась на Географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова на кафедре картографии и геоинформатики совместно с кафедрой биогеографии. Представленные в этой статье материалы являются частью большого исследования, реализуемого на кафедре картографии и геоинформатики с 2014 г. Результаты пространственного анализа занесены в единый ГИС-проект, посвященный экологическим функциям лесов Московского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве модельных территорий проведения настоящего исследования были выбраны ландшафты в различных физико-географических провинциях Московской области. Относительно сходный генезис моренного и моренно-водноледникового происхождения позволяет сравнивать результаты между собой, а также проводить пространственные сравнения относительно динамики лесов и их экологических функций. Ландшафты в пределах Верхневолжской и Мещерской низменностей преимущественно равнинны, их абсолютные высоты не превышают 130 (в Мещерской низменности) и 160 м (в Верхневолжской низменности). Ландшафты переувлажнены, местами заболочены и сформированы преимущественно талыми ледниковыми водами московского оледенения, которые заполняли ледниковым материалом существовавшие ранее понижения [Национальный атлас…, 2004]. Территории относительно малоосвоены, не испытывали ранее существенного антропогенного влияния, тем не менее, территория Вехневолжской низменности является важным сельскохозяйственным районом и в дальнейшее время антропогенный пресс территории будет возрастать в результате ее дальнейшего освоения, связанного со строительством скоростных автомагистралей, ростом населенных пунктов и планируемым развитием рекреации в Мещере.

Ландшафты в пределах Клинско-Дмитровской гряды и Теплостанской возвышенности относительно высоко подняты над уровнем моря, абсолютные высоты в пределах Теплостанской возвышенности достигают 255 м. Истринский ландшафт (рис. 1, номер 35) сложен глинами юрского возраста, в тех местах, где морена была частично размыта и погребена под водноледниковыми отложениями. Наличие юрских глин обусловливает повышенную увлажненность ландшафта. Мощность московской морены доходит до 50 м [Анненская и др., 1997]. Апрелевско-Кунцевский ландшафт (рис. 1, номер 56) образовался как озеровидное понижение в ложбине стока талых ледниковых вод на приподнятом цоколе верхнеюрских глин с прослоями песков, нижнемеловых песков с прослоями карбоновых глин [Анненская и др., 1997]. Основную площадь ландшафтов занимают моренные и моренно-водноледниковые равнины. Природные комплексы обоих ландшафтов характеризуются значительным антропогенным преобразованием, повсеместно происходит рост

площадей сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и дорог, в результате чего вырубаются целые лесные массивы. Так, на территории Истринского района Московской области были замечены случаи появления на месте вырубленных при санитарной рубке старовозрастных лесных массивов объектов недвижимости [http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/].[1]

В качестве единицы исследования и картографирования лесного покрова была выбрана эпиассоциация (термин В.Б. Сочавы). Информационным источником структуры лесного покрова послужила «Карта растительности Московской области» масштаба 1 : 200 000 под ред. Г.Н. Огуреевой (1996 г., растительный покров на карте представлен по состоянию на 1991 г.). На карте выделены коренные и производные сообщества. Коренные сообщества отражают экологический потенциал ландшафта через природную структуру лесов и их типологическое разнообразие. Карта отражает присущий природе динамизм, смены растительных сообществ, которые обусловлены различными процессами [Сочава, 1972]. Также использованы были материалы лесоустройства (1 : 25 000) из фондов кафедры Биогеографии, по которым был оценен возраст лесов. В основу информации о ландшафтной структуре положена карта ландшафтов Московской области [Мамай и др., 2005]. Цифровой аналог фрагмент карт на модельные ландшафты был привязан и трансформирован в среде ArcGIS по множеству точек.

Для оценки состояния лесного покрова использовалось соотношение условно-коренных, короткопроизводных пород, которые сохранили коренные породы в составе древостоев и длительнопроизводных пород, коренные породы в которых почти полностью замещены мелколиственными породами – березой, осиной, ольхой, но сохраняющих способность восстановиться до условно-коренного состояния. Динамические ряды каждой эпиассоциации отображены на использованной карте в виде системы штриховок и специальных условных обозначений. Соотношение площадей эпиассоциаций разной производности позволяет оценить в том числе и степень антропогенной нарушенности лесного покрова.

Исследование включало в себя ряд последовательных этапов. Все они выполнялись в геоинформационной среде в лицензионных программных продуктах ArcGIS и ERDAS Imagine.

Этап 1. Для актуализации тематического содержания карты растительности были применены космические снимки высокого пространственного разрешения с системы Landsat на разные годы – Landsat 5 (2006 г., 10 лет с момента издания карты, до лесных пожаров 2010 г.) и Landsat 8 (2014, 2016 гг. – современное состояние лесов). Для совместного анализа была проведена радиометрическая калибровка космических снимков – все значения яркости были преобразованы в безразмерные коэффициенты спектральной яркости. После этого было проведено визуальное и автоматизированное дешифрирование лесов, в результате которого обновлялось контурное содержание карты растительности, при этом внутренняя структура эпиассоциаций считалась неизменной и не редактировалась в процессе работы.

В результате реализации данного этапа исследования была определена ландшафтная приуроченность лесов, в также их динамика за последние четверть века, что позволило сделать ряд выводов, используемых далее в работе.

В двух последующих этапах происходила оценка средоформирующих функций лесного покрова, а именно, продуцирование кислорода и депонирование углерода. Второй этап был посвящен оценке возможностей использования космических снимков для изучения

[1] ОНФ встал на защиту подмосковных лесов и зеленых насаждений [Электр. ресурс] // Общероссийский народный фронт. 16.04.2015. URL: http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/ (дата обращения: 25.12.2017)

продукционных способностей лесов. Для осуществления подобной работы используют различные вегетационные индексы. Нами в работе использовался простой разностный вегетационный индекс, рассчитываемый как разность яркостей в ближнем инфракрасном и красном каналах. Данный индекс хорошо коррелирует с индексом фотосинтетически активной радиации (ФАР) и индексом листовой поверхности (LAI). По его величине определяются продукционные процессы в эпиассоциации и средообразующие функции лесов в целом.

Вегетационный индекс рассчитывался для каждой эпиассоциации как осредненное значение вегетационных индексов пород, входящих в нее. Продукционные способности лесов изучались по космическим снимкам на 2006 и 2014 гг. Это позволило оценить динамику средоформирующих способностей каждой эпиассоциации и сравнить полученные значения с динамикой лесов.

На третьем этапе были произведены вычисления количества продуцируемого кислорода и депонируемого углерода эпиассоциациями в пределах каждого модельного ландшафта. Методики определения величины продуцирования кислорода были предложены [Базилевич, 1990; Зимин, 2009; Усольцев, 2010; Варфоломеев, Мироненко, 2012]. Для определения величин продуцирования кислорода и депонирования углерода нам необходимо знать, прежде всего, фитомассу и мортмассу. Данные первичной биологической продукции являются прямой функцией продуцирования кислорода. Это отражается в ежегодно создаваемой растительным органическим веществом фитомассы, отнесенной к единице площади в год. Данные по запасам мортмассы представляют собой функцию депонирования углерода, поскольку мортмасса представляет собой количество мертвого растительного органического вещества, что является непосредственным пулом накопления углерода [Зимин, 2009]. Вопросам оценки пулов, запасов и депонирования углерода посвящено исследования многих авторов, одними из которых стали работы сотрудников Биологического факультета МГУ, ЦЭПЛ РАН и УрО РАН [Уткин и др., 2003; Замолодчиков и др., 2005; Усольцев, Залесов, 2005; Замолодчиков, 2011]. В расчетах отечественных ученых преобладает конверсионный метод. Авторами были разработаны специальные конверсионные коэффициенты фитомасса-запас, по которым рассчитывается величина фитомассы дерева в зависимости от его диаметра и высоты. По значениям фитомассы определяется запас углерода в соответствующей фракции [Уткин и др., 2003; Замолодчиков и др., 2005].

В работе для расчета продуцирования кислорода использовалась известная методика [Варфоломеев, Мироненко, 2012]. Этот способ основан на определении ежегодного прироста фитомассы. В качестве исходных данных могут быть использованы материалы лесоустройства. Ввиду ограниченности последних, базисом для настоящей работы послужили материалы из общей базы данных В.А. Усольцева (2010, 2016), посвященные первичной продуктивности и оценке фитомассы основных лесообразующих пород, включая Подмосковье. Настоящая работа является логическим продолжением исследований авторов, проведенных ранее на территорию присоединенных территорий Москвы [Васильев, Чистов, 2016]. Депонирование углерода определялось также по знакомой многим методике [Уткин и др., 2003].Четвертый этап заключался в разработке методики оценки характерных экологических функций модельных ландшафтов.

На пятом этапе шло формирование и наполнение ГИС «Экологические функции лесов Московского региона», содержащей все многообразие пространственно увязанных картографических источников и материалов дистанционного зондирования с необходимым арсеналом параметров учета экологических функций лесов в виде таблицы атрибутов.

И, наконец, на заключительном этапе проводилась реализация исследований в среде ГИС и создание по итогам серии тематических карт, часть из которых представлена в данной работе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По итогам анализа ландшафтной приуроченности лесов выделено их высокое типологическое разнообразие, что характерно для зоны хвойно-широколиственных лесов, в пределах которой расположена Московская область. Ввиду разномасштабности карт растительности и ландшафтов, точно определить соответствие распространения растительных сообществ в границах индивидуальных ландшафтов не представляется возможным, границы ландшафтов стоит рассматривать как условные. Обычно растительность очень хорошо маркирует границы ландшафтов и хорошо согласуется с их структурой, в других местах наблюдается не полное соответствие ландшафтной структуры территории и встречающихся эпиассоциаций. Таким образом в работе исследовались скорее фоновые местности в пределах ландшафта и фоновые эпиассоциации, отмеченные на карте.

На первом этапе проанализирован породный состав каждого модельного ландшафта (по карте растительности МО) и его изменение за последние четверть века (по используемым космическим снимкам Landsat 5 и Landsat 8). Так, для ландшафтов Верхневолжской низменности в основном характерны сосново-еловые с ольхой серой (эпиасс. 10) и с ольхой черной (эпиасс. 11) папоротниково-хвощево-кисличные леса, которые составляют 47,5 % от общей площади модельного ландшафта (рис. 2). Сосновые и елово-сосновые кустарничково-сфагновые леса (эпиасс. 16, 21) в сочетании с участками верховых сфагновых и переходных болот также обычны для лесов Верхневолжской низменности; в модельном ландшафте они занимают понижения, ложбины стока и западины зандровых равнин (120–140 м) на флювиогляциальных песках и супесях с прослоями суглинков (см. рис. 2).

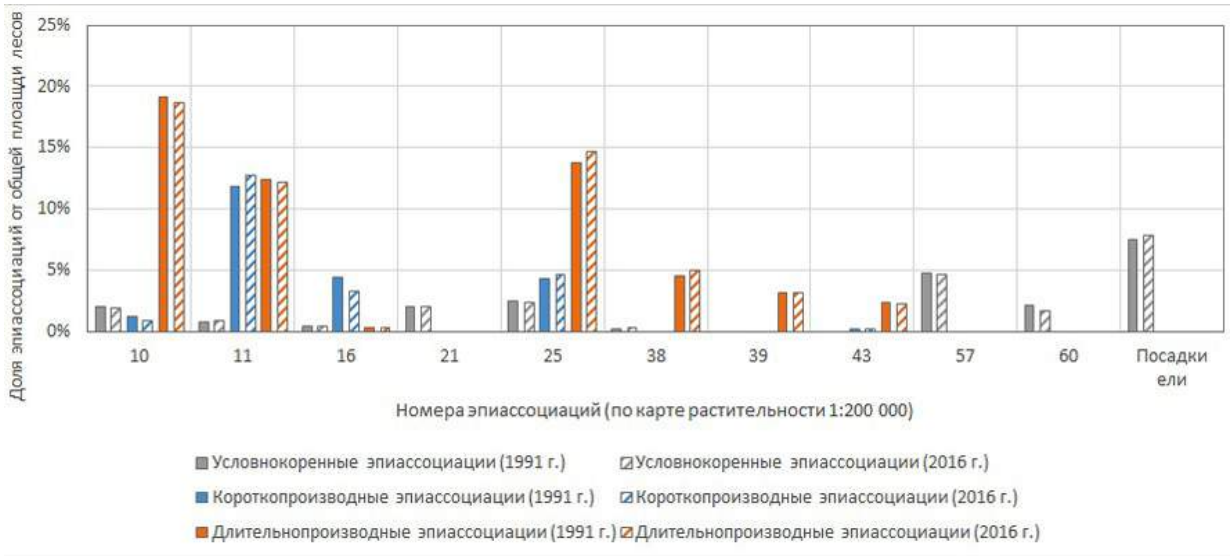


Рис. 2. Структура лесного покрова в Ермолинском ландшафте (1) Верхневолжской низменности и его динамика (1991–2016 гг.)

Цифрами даны эпиассоциации (по карте растительности МО 1 : 200 000): сосново-еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кисличные (10); елово-сосновые с ольхой черной папоротниково-хвощево-кисличные (11); сосново-еловые вейниково-чернично-долгомошные (16); сосновые чернично-осоково-долгомошные в сочетании с чернично-сфагновыми (21); еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широкотравные (25); сосново-еловые с дубом, липой чернично-вейниково-широкотравные (38); сосново-еловые с липой, дубом кленом платановидным, ольхой черной чернично-кислично-вейниково-широкотравные (39); еловые с липой и дубом хвощево-таволговые (43); черноольховые с черемухой, ивняковые влажнотравные (57); пушистоберезовые с ольхой черной, осиной ивняковые хвощево-таволгово-щучковые (60); посадки ели

Fig. 2. Forest cover structure and its dynamics (1991–2016) in Ermolinskii landscape (No 1) of Verkhnevolzhskaya lowland

По состоянию на 2016 г. общая структура лесов не изменилась: по-прежнему в ландшафте доминируют эпиассоциации 10, 11, довольно значительную площадь занимают еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широкотравные леса (эпиасс. 25), несмотря на сокращение общей площади лесов, в ряде случаев наблюдается повышение доли эпиассоциаций в общей площади лесов ландшафта (эпиасс. 11, 25, 38 и др.), что свидетельствует о практически не изменившейся площади лесов данных эпиассоциаций и сокращении площадей, занятых фоновыми лесами (эпиасс. 10, 16 и др.).

Подобная работа была проделана для всех модельных ландшафтов. В Апрелевско-Кунцевском ландшафте (56) в пределах Теплостанской возвышенности гемибореальные (субнеморальные) леса по площади занимают 12 %, преобладают же широколиственно-хвойные леса (более 51 %), среди которых доминируют еловые с липой и дубом кустарниковые зеленчуковые сообщества (эпиасс. 44), площадь остальных эпиассоциаций более-менее одинаковая и существенно меньше. В отличие от охарактеризованного выше модельного ландшафта, для Апрелевско-Кунцевского характерна высокая фрагментарность лесов, что негативно сказывается на его природно-экологическом потенциале.

Среди лесов данных ландшафтов преобладают длительнопроизводные сообщества. В Ермолинском ландшафте доля длительнопроизводных сообществ составляла более 55 % в 1991 г., в 2016 г. она осталась практически неизменной и составляет чуть более 56 %. За последние 25 лет общая площадь лесов этого ландшафта сократилась на 53,95 кв. км, площади длительнопроизводных сообществ, в основном березовых лесов, сократились на 16,35 кв. км, что составляет 30 % от общей площади сократившихся лесов. В Апрелевско-Кунцевском ландшафте доля длительнопроизводных лесов 56 и 58 % соответственно. Здесь было отмечено максимальное сокращение площади лесов (на 91,34 кв. км), большая часть которых также пришлась на длительнопроизводные сообщества, площади которых сократились на 51,7 кв. км. (56 % от общей площади сократившихся лесов). Сокращение площадей условно-коренных и короткопроизводных сообществ составило 44 % от общей площади сократившихся лесов, что, несомненно, говорит об ухудшении природно-экологического потенциала ландшафта. При этом подобная ситуация в целом характерна для всех ландшафтов ближнего Подмосковья, что негативно сказывается на экологическом благополучии региона в целом.

В структуре лесов Истринского ландшафта (номер 35) южного макросклона Клинско-Дмитровской гряды преобладают, в отличие от лесов Апрелевско-Кунцевского ландшафта гемибореальные (субнеморальные) сосново-еловые папоротниково-кислично-широкотравные (эпиасс. 26, 40 %) и еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широкотравные леса (эпиасс. 25, 15 %), что вместе составляют 29 % от общей площади ландшафта. Эти эпиассоциации в целом характерны для Клинско-Дмитровской гряды, являются фоновыми типами лесов во многих ландшафтах. Площадь остальных эпиассоциаций незначительна (рис. 3). В целом типологическое разнообразие лесов Теплостанской возвышенности отличается от лесов Клинско-Дмитровской гряды, так как в лесном покрове доминируют хвойные леса с участием широколиственных пород (дуба, липы, клена) в составе лесных насаждений, в первом ярусе – сосново-дубовые и елово-дубовые леса.

Леса Лузгаринского ландшафта (97) Мещерской низменности по составу в основном похожи на леса Верхневолжской низменности. Преобладают сосново-еловые леса: чернично-зеленомошные (эпиасс. 8), кислично-чернично-вейниковые (эпиасс. 13), вейниково-орляково-черничные (эпиасс. 15) леса, они занимают до 89 % от общей площади лесов (67 % от площади ландшафта). Однако большинство лесов в пределах ландшафта старовозрастные (порядка 90–100 лет). Примечательно, что в эпиассоциациях преобладают условнокоренные (11 %) и короткопроизводные сообщества (75 %), что свиде-

тельствует о сохранившемся лесном покрове и высоком экологическом потенциале ландшафта. Фрагментарность лесов здесь не выражена, что повышает природоохранную ценность лесов.

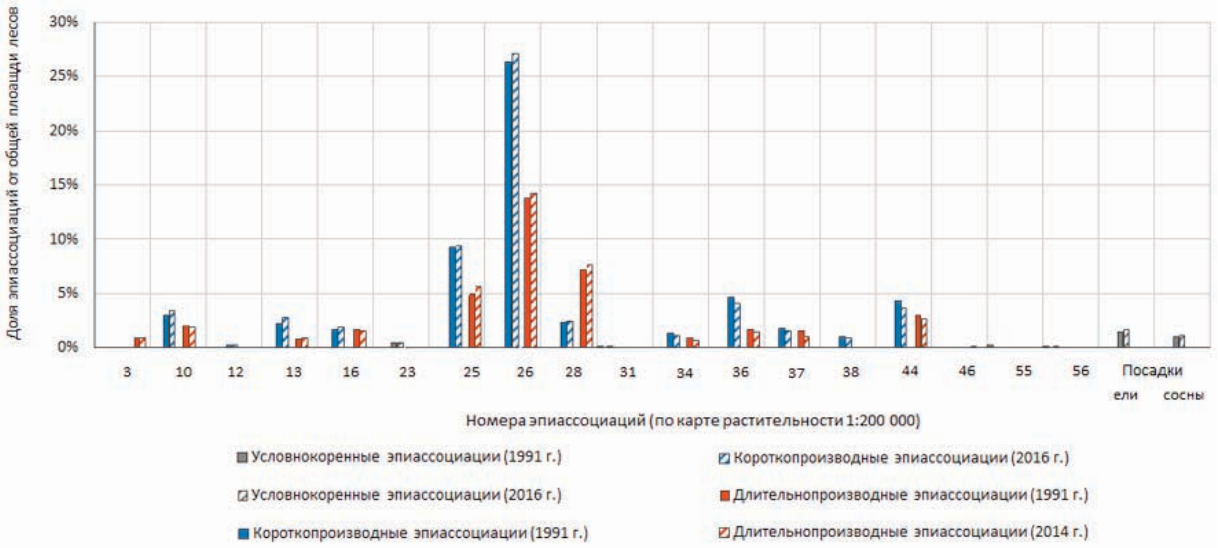


Рис. 3. Структура лесного покрова Истринского ландшафта (35) южного макросклона Клинско-Дмитровской гряды и ее динамика (1991–2016 гг.):

Цифрами даны эпиассоциации (по карте растительности МО 1 : 200 000): еловые папоротниково-хвощево-зеленомошные (3); сосново-еловые вейниково-черничные (12); сосново-еловые кислично-чернично-вейниковые (13); сосновые кустарничково-пушицево-долгомошно-сфагновые (23); сосново-еловые папоротниково-кислично-широкотравные (26); дубово-еловые папоротниково-широкотравные (28); сосновые с дубом и липой кустарниковые папоротниково-зеленчуковые (31); сосновые с дубом и липой лещиновые вейниково-широкотравные (34); сосново-еловые с дубом, липой, рябиной, кислично-хвощево-широкотравные (36); сосново-еловые с дубом и липой лещиновые вейниково-широкотравные (37); еловые с липой и дубом кустарниковые зеленчуковые (44); еловые с дубом и липой кустарниковые кислично-папоротниково-широкотравные (46); сероольховые с березой, осиной и черемухой, малиной влажнотравные (55); черноольховые с черемухой и осиной ивняковые влажнотравно-широкотравные (57); лесные культуры: ель, сосна

Fig. 3. Forest cover structure and its dynamics (1991–2016) in Istrinskii landscape (No 35) of southern macroslope Klinsko-Dmitrovskaya range

Короткопроизводные и условно-коренные сообщества преобладают и в Истринском ландшафте (61 % от общей площади лесов, как в 1991 г., так и в 2016 г.). При этом площадь условно-коренных сообществ сократилась гораздо больше, почти на 70 %, тогда как площадь длительнопроизводных сообществ сократилась на 30 % от общей площади сократившихся лесов. Общая площадь лесов сократилась на 60,44 кв. км.

Такие изменения повлекли за собой изменения в лесистости ландшафтов. Лесистость Московской области в целом составляет 42 %. При этом эта величина имеет тенденцию к снижению, что показал анализ изменения лесистости в модельных ландшафтах, чем ближе ландшафт расположен к Москве, тем наблюдается большее антропогенное влияние и большее сокращение лесов (рис. 4). Максимальная лесистость отмечена на востоке области в пределах Лузгаринского ландшафта Мещерской низменности 75 %, которая сократилась на 7 %. Минимальная лесистость была в пределах Апрелевско-Кунцевского ландшафта Теплостанской возвышенности 55 % и сократилась к 2016 г. еще на 13 %, а также в пределах Истринского ландшафта (53 %, сократилось на 10 %). Лесистость Ермолинского ландшафта была 64 % и сократилась на 13 %.

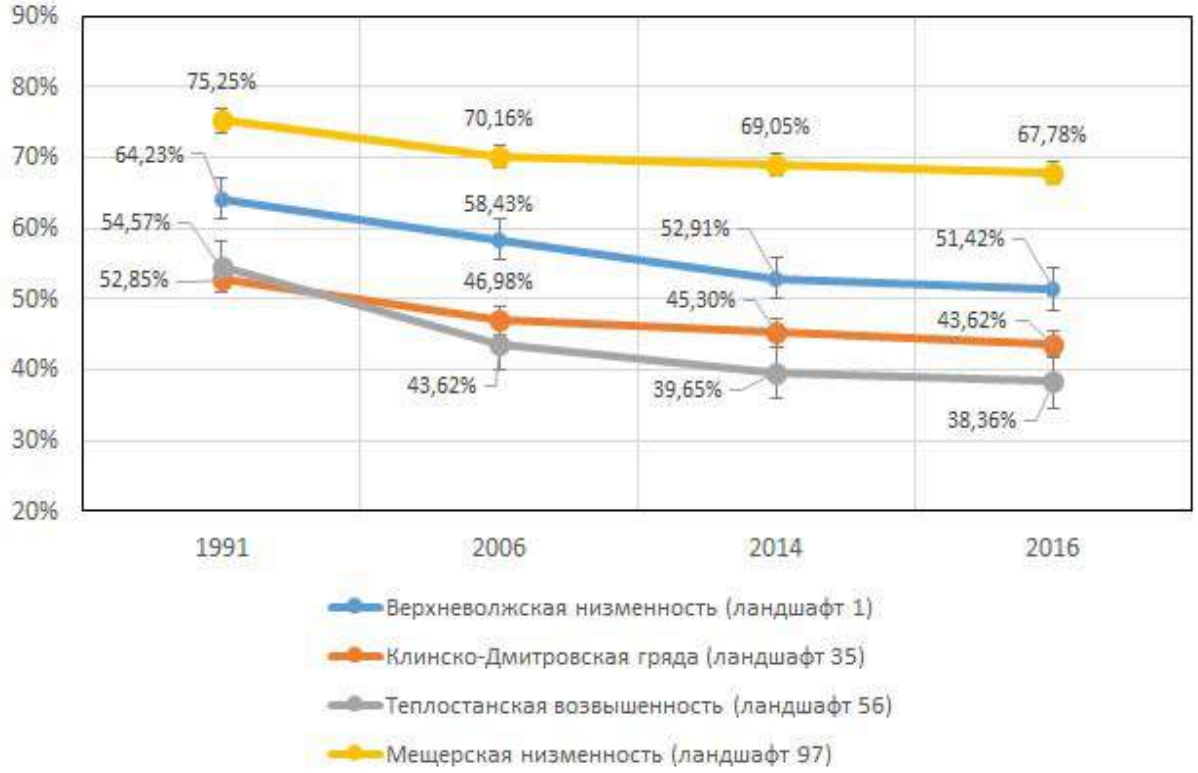


Рис. 4. Изменение лесистости модельных ландшафтов Московской области (с 1991 по 2016 гг.)
Fig. 4. The change of forest cover percent of reference landscapes in Moscow region (since 1991 to 2016)

Для анализа продукционных способностей лесов была проведена радиометрическая калибровка всех космических снимков ввиду использования разных съемочных систем. Все значения яркости были приведены в безразмерные, так называемые коэффициенты спектральной яркости, характеризует отношение количества поступившего на объект света и количество света им отраженного. Это позволило сравнивать между собой результаты дешифрирования и вычисления вегетационных индексов по снимках разных лет. Вегетационный индекс был рассчитан для каждой эпиассоциации по характерным для нее спектральным признакам, осредненных по выделенным эталонам. В пределах одноименных эпиассоциаций значения яркости также осреднялись. Это позволило вычислить разностный вегетационный индекс по эпиассоциациям. Подобная работа была проделана в пределах каждого модельного ландшафта по космическим снимкам на 2006 и 2014 гг. (рис. 5).

По анализу диаграмм вегетационных индексов в пределах каждого ландшафта (за исключением Лузгаринского) было выделено 5 групп лесов (в Лузгаринском – 3), которые относительно резко отличаются друг от друга по средообразующим способностям (где 1 балл – продукционная способность минимальна, 5 – максимальна). При этом состав эпиассоциаций входящих в ту или иную группу в 2006 и в 2014 гг. отличается, в ряде случаев довольно сильно. Это говорит об изменении природных условий и/или антропогенного влияния. Изменение в большую сторону (повышение вегетационного индекса) свидетельствует об увеличении средообразующей способности, большое число таких эпиассоциаций может свидетельствовать об увеличении природно-экологического потенциала ландшафта, обратная же ситуация свидетельствует об угнетенном состоянии лесов и уменьшении природно-экологического потенциала. Изменение площадей лесных эпиассоциаций разных групп продукционных способностей лесов за 8 лет (2006–2014 гг.) иллюстрирует табл. 1.

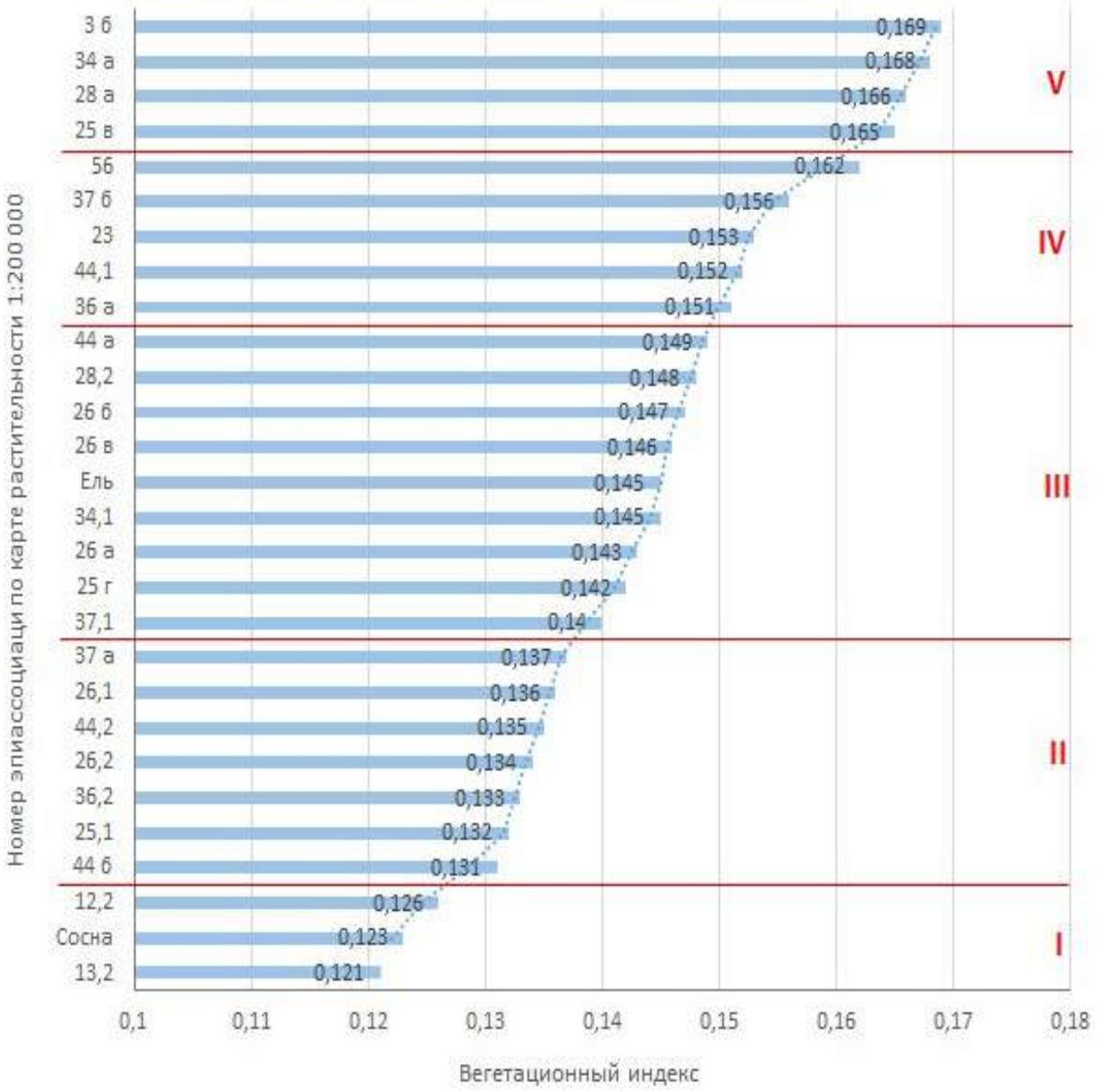


Рис. 5. Фрагмент диаграммы значений вегетационного индекса эпиассоциаций Истринского ландшафта (номер 35; 2014). Латинскими цифрами показаны выделенные группы лесов
Fig. 5. The part of diagram of the values of the vegetation index of forest in Istrinskii landscape (No 35; 2014). Latin figures illustrate groups of forest

Как можно заметить из таблицы, наиболее сильно продукционные способности лесов упали в пределах Апрелевско-Кунцевского ландшафта (номер 56), и практически не изменились в Лузгаринском ландшафте (номер 97). Это связано, прежде всего, с активным антропогенным влиянием и преобразованием естественной природной среды. Большие площади лесов, уменьшивших продукционные способности в пределах Клинско-Дмитровской гряды обусловлены также поражением старовозрастных ельников короедом-типографом и связанными с этим санитарными рубками Комлесхоза. При этом в пределах Истринского ландшафта отмечены максимальные площади лесов, существенно увечивших биопродукционные способности, в основном за счет условно-коренных и корокопроизводных сообществ.

Таблица 1. Площади изменения групп продукционных способностей лесов в модельных ландшафтах (2006–2014 гг.)
Table 1. Areas of change in the groups of productive capacities of forests in reference landscapes

Модельный ландшафт	Оценка степени изменений площадей лесов разных групп 2006–2014 гг. (кв. км)				
	Существенно уменьшились (на 2 и более группы)	Уменьшились (на 1 группу)	Не изменились	Увеличились (на 1 группу)	Существенно увеличились (на 2 и более группы)
Ермолинский (1)	1,03	**100,74**	106,29	64,92	4,68
Истринский (35)	–	**123,89**	140,62	66,33	35,96
Апрелевско-Кунцевский (56)	**84,28**	**131,97**	74,11	61,46	5,31
Лузгаринский (97)	–	–	**109,23**	36,25	–

В работе оценивались численные параметры, характеризующие выполнение лесами средоформирующих функций лесов. Следует оговориться, что относительно точный расчет производился для ассоциаций, о которых необходимые сведения имеются в литературе. За основу расчетов была принята методика, достаточно подробно изложенная в отмеченных выше работах [Уткин и др., 2003; Варфоломеев, Мироненко, 2012]. Из различных расходных частей в виду отсутствия данных были учтено только затраты кислорода на дыхание самих растений (дыхание автотрофов).

Полученные значения не следует рассматривать как абсолютные, ввиду описанных выше ограничений расчеты носят приблизительный характер, тем не менее, позволяют наглядно выявить различия в средоформирующих способностях лесов модельных ландшафтов (табл. 2).

В качестве примера приведем данные по интервалам продуцирования кислорода с 1 га по модельным ландшафтам для выделенных групп лесов по составу 2014 г., имея в виду, что подобная работа была проведена и по составу групп лесов 2006 г. Аналогично были рассчитаны годовое депонирование углерода фитомассой (табл. 2).

Таблица 2. Продуцирование кислорода по группам лесов, 2014 г. (т/га ·в год)
Table 2. The production of oxygen by groups of forest, 2014 (t/ha per year)

Номер группы/ модельный ландшафт	Ермолинский (номер 1)	Истринский (номер 35)	Апрелевско-Кунцевский (номер 56)	Лузгаринский (номер 97)
1	2,41–3,35	3,41–3,88	3,02–3,98	3,17
2	2,60–4,54	3,61–6,36	3,01–6,32	3,38–5,25
3	3,62–5,07	2,79–7,11	2,85–7,52	3,77–6,32
4	5,43–5,91	3,19–6,42	3,74–7,53	4,54–8,01
5	6,0–9,31	5,14–8,08	5,90–6,57	

Интервалы продуцирования кислорода примерно одинаковые по всем модельным ландшафтам, однако их средние взвешенные различны, что связано, прежде всего, с различием природных условий и составом лесов. Максимальные значения продуцирования кислорода в Апрелевско-Кунцевском и Лузгаринском ландшафтах превышают 10 т/га в год и характерны для мелколиственных пород с преобладанием ольхи серой и черной,

лещинами и ивами в составе. В целом, наличие в составе насаждений ольхи и лещины увеличивает средообразующий эффект, в то время как старовозрастные ельники, сосняки и насаждения со старовозрастным дубом уменьшают его.

По причине достаточно сильно перекрывающихся интервалов продуцирования кислорода однозначно отнести эпиассоциацию в ту или иную группу нельзя. Это обстоятельство легло в основу двухфакторной классификации (по вегетационному индексу и среднему взвешенному значению продуцирования кислорода в эпиассоциации) для дальнейшего исследования и создания карт. В итоге на основе статистических методов обработки двух независимых значений было выделено 5 классов, наглядно характеризующих средоформирующий эффект в лесном ландшафте. По результатам были составлены легенды карт оценки средоформирующих функций модельных ландшафтов (рис. 6).

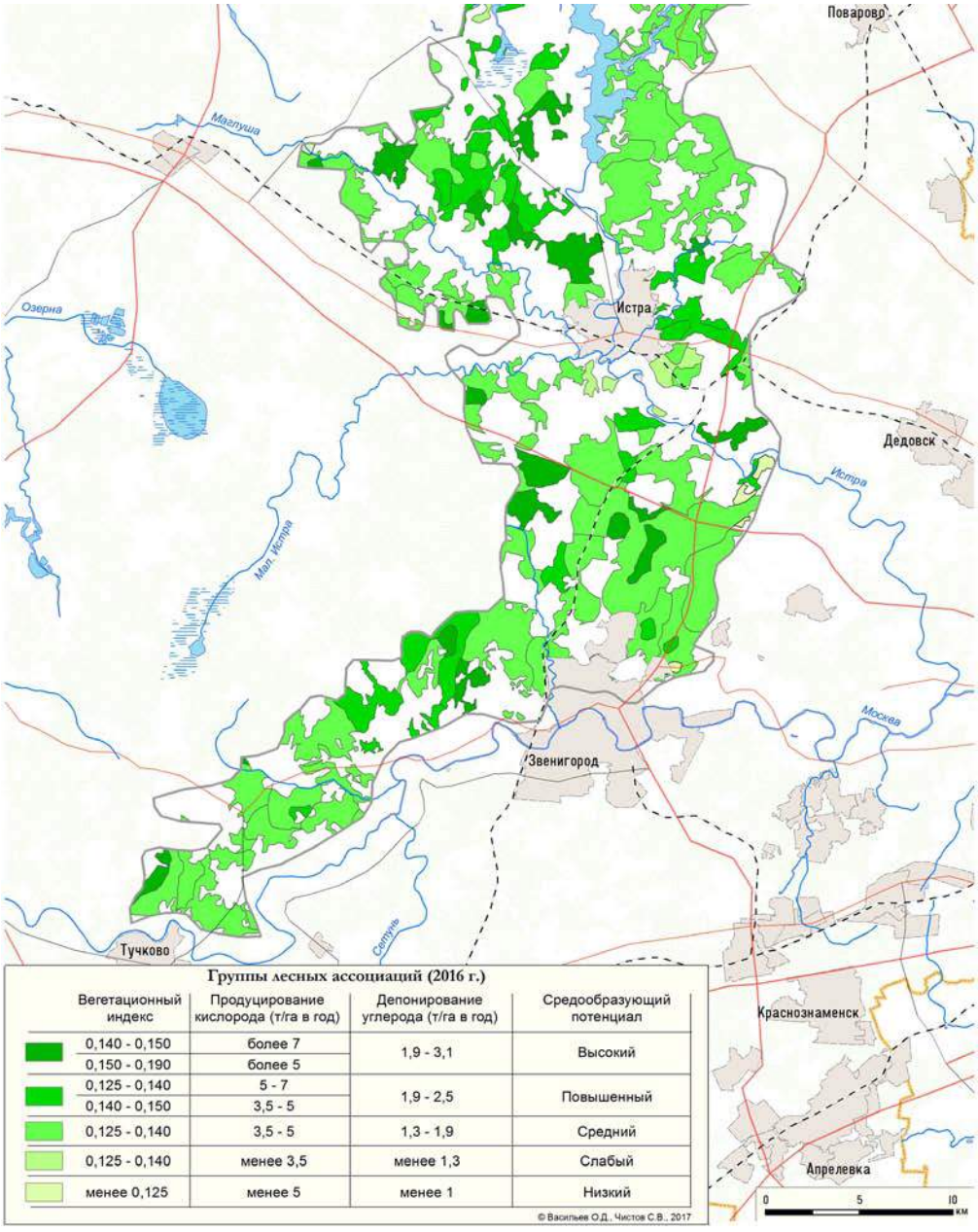


Рис. 6. Фрагмент карты оценки средоформирующих функций лесов (Истринский ландшафт; 35)
Fig. 6. The part of the map of assessment of environmental-forming functions of forest (Istrinskii landscape; No 35)

Наконец, были оценены характерные для ландшафтов защитные экологические функции. Оценка экологической роли лесов важна именно с позиции выявления основных (предпочтительных) функций, сохранение и охрана которых имеет приоритетное значение. Картографическая оценка по модельным ландшафтам проводилась по группе защитных функций, таких как противоэрозионная, водорегулирующая, биостационная, сохранение биоразнообразия. Для разных ландшафтов будет характерен свой набор экологических функций.

Оценка проводилась для каждого выдела с упомянутой карты растительности. Вся необходимая информация заносилась в ГИС-проект в виде характеристик в таблице атрибутов эпиассоциаций. На основе созданной базы данных для отмеченных выше ключевых ландшафтов в предварительном порядке были составлены фрагменты карты экологической роли лесов Московской области в сопряженном с картой растительности масштабе. В настоящей работе в качестве примера приводится территория Истринского ландшафта, в границах которого в наиболее полном виде проявляются отмеченные защитные функции лесов в различных сочетаниях (рис. 7).

Для оценки противоэрозионной функции (характерной в основном для ландшафтов Клинско-Дмитровской гряды и Теплостанской возвышенности) была использована глобальная цифровая модель рельефа SRTM, которая прошла целый ряд процедур предварительной обработки и коррекции. Пространственное разрешение ЦМР соответствует пространственному разрешению космических снимков и составляет 30 м. Такое пространственное разрешение оптимально для среднемасштабных оценок. Помимо цифровой модели, использовался граф постоянных водотоков. По цифровой модели были построены производные изображения – карты углов наклона и экспозиции склонов. Известно, что территории, практически не имеющие уклона (0–0,5°), чаще всего практически не пригодны для хозяйственного использования в виду высокой вероятности заболачивания при прочих равных условиях. На склонах более 6° в центральной России на незакреплённых склонах возникает эрозия, на склонах более 12° интенсивность эрозии может представлять серьезную опасность. В связи с этим, леса, расположенные на склонах более 6° при постоянном водотоке, будут выполнять противоэрозионную функцию. При этом наиболее оптимальными для хозяйственной и иной деятельности следует признать уклоны от 0,5 до 6°.

Так, противоэрозионные функции выполняют некоторые эпиассоциации Истринского ландшафта (например, сосново-еловые хвощево-кисличные и вечниково-черничные леса, все сосновые с дубой и липой кустарниковые, а также лещиновые сообщества, сосново-еловые с дубом и липой лещиновые, вейниково-широкотравные и чернично-вейниково-широкотравные леса), тяготеющих к холмам, грядам и их склонам, а также к высоким вершинным поверхностям междуречий (рис. 7).

Водорегулирующая функция характерна для лесов, расположенных в пределах санитарных зон рек, озер, водохранилищ и водно-болотных угодий. В соответствии с Водным кодексом РФ, минимальная ширина водоохранных зон для рек длиной до 10 км составляет 50 м, а для рек от 100 до 200 км составляет 200 м (Водный кодекс РФ, ст. 65). Водоохранная зона также зависит от характера прилегающих угодий и углов наклона. В связи с этим для выделения водоохранной зоны также использовалась карта углов наклона.

В связи с этим водорегулирующая функция характерна в основном для лесов, произрастающих в верховьях рек, а также возле Истринского водохранилища. В основном это лесные массивы, расположенные в северной части ландшафта – к СЗ и ЮВ от Истринского водохранилища. По составу это дубово-еловые папоротниково-широкотравные, еловые папоротниково-хвощево-зеленомошные леса, а также посадки сосны.

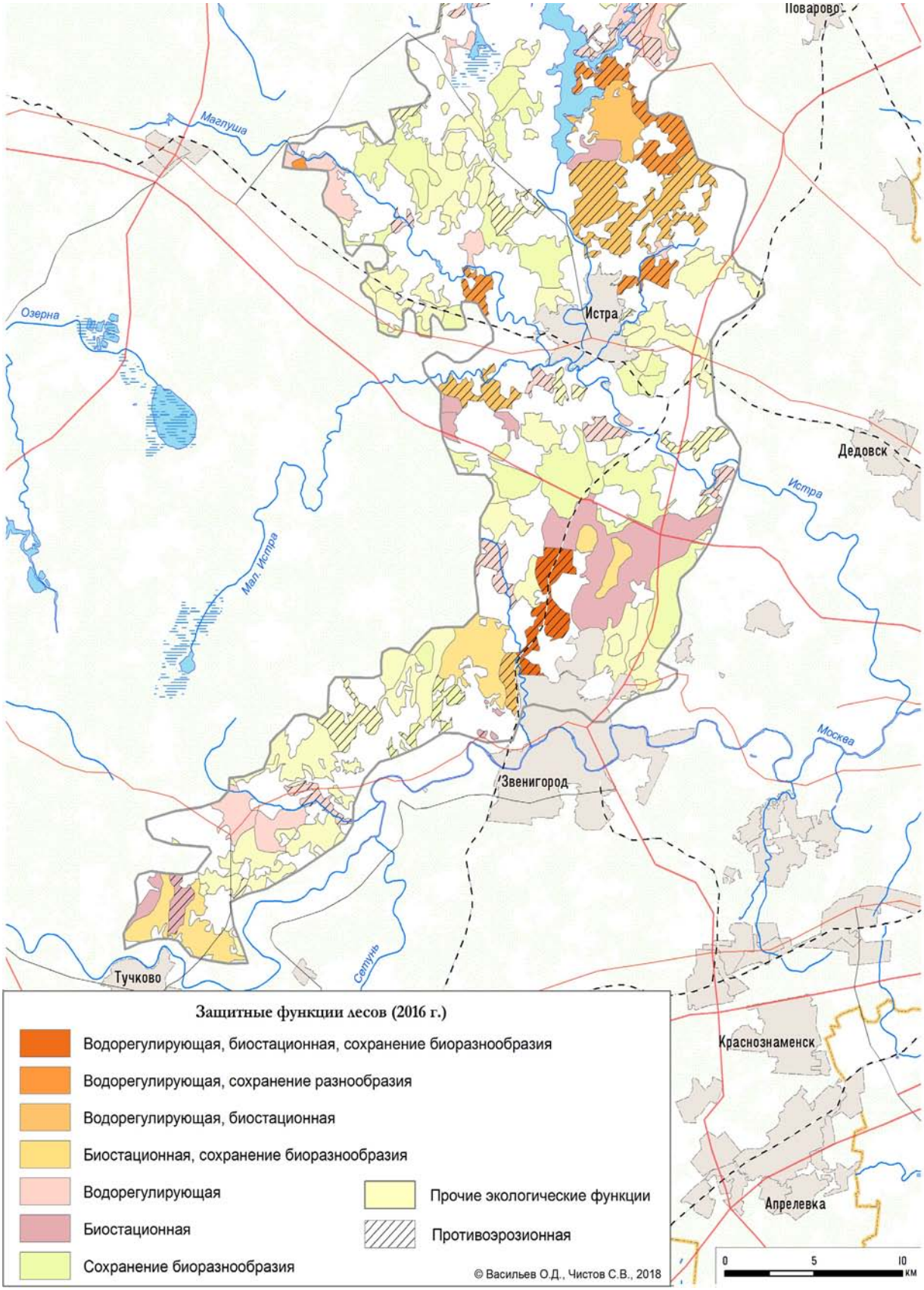


Рис. 7. Оценка основных защитных функций лесов Истринского ландшафта (фрагмент)
Fig. 7. The part of the map of assessment of the main protective functions of forest (Istrinskii landscape; No 35)

Биостационная функция оценивалась в основном по существующим и планируемым особо охраняемым природным территориям различного статуса (в основном это ботанические и комплексные заказники). Информация о существующих ООПТ оценивалась по карте Состояние окружающей среды Московской области (1996 г., 1 : 200 000) и Схеме развития и размещения ООПТ Московской области (2017 г.). Наличие двух источников информации позволило оценить динамику развития ООПТ в модельных ландшафтах за 20 лет.

Для биостанционной функции в пределах рассматриваемого ландшафта характерны сосново-еловые папоротниково-кислично-широкотравные леса (эпиасс. 26), а также дубово-еловые папоротниково-широкотравные, сосновые с дубом и липой лещиновые, сосново-еловые с дубом и липой лещиновые вейниково-широкотравные, а также посадки ели и сосны. В основном это леса второй и третьей групп продукционных способностей, в большей части из которых эта способность не изменилась. За последние 20 лет (с 1996 по 2017 гг.) общая площадь ООПТ, расположенных в пределах модельного ландшафта, почти не изменилась (38 кв. км. или 4,86 % от общей площади ландшафта в 1996 г. против 41 кв. км или 5,12 % в 2017 г.), общая площадь лесов, выполняющих биостационную функцию, также почти не увеличилась: 111 кв. км в 1996 г. против 114 кв. км в 2017. Это позволяет сделать вывод, что в целом, несмотря на общее сокращение лесов, их экологическая значимость возросла пропорционально увеличению общего числа и общей площади земель ООПТ.

Сохранение видового разнообразия – функция, которая присуща достаточно многим лесам и в целом растительности, они являются местообитанием многих растений, представителей животного мира. Лес по вертикальной структуре состоит в основном из основных пород деревьев (деревья 1-го яруса), подлеска (2 ярус), кустарников (3 ярус), кустарничков (4 ярус) и травяного покрова (5 ярус). В подобных лесах находят свое убежище как птицы, так и звери. Чем богаче состав эпиассоциации, чем больше сомкнутость крон, чем более развит подрост и подлесок, тем эта эпиассоциация будет ценнее с точки зрения сохранения биоразнообразия, а значит с точки зрения экологического каркаса региона, ведь проблема сохранения биоразнообразия – одна из важнейших проблем современной экологии. При этом также важен не только состав, но и возрастная структура насаждений. Переспелые леса не будут способствовать выполнению данной функции, и, наоборот, наличие большого числа подроста не сможет заменить леса первого яруса. Для оценки возраста насаждений были использованы материалы лесной таксации. В основном в данном ландшафте это относительно высокопродуктивные с продуцирующими способностями не менее 4 т/га кислорода в год (исключение – два контура посадок сосны). Это еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широкотравные, сосново-еловые папоротниково-кислично-широкотравные, дубово-еловые папоротниково-широкотравные, сосново-еловые с дубом, липой, рябиной леса, при этом монодоминантных сообществ при этом нет совсем. Во всех перечисленных эпиассоциациях хорошо развит подрост и подлесок, при этом насаждения не перестойные, продуцирующие достаточный уровень кислорода. Общая площадь лесов, выполняющих данную функцию составляет 114 кв. км, при этом это леса, расположенные в центральной части ландшафта, большая доля лесов, выполняющих функцию сохранения видового разнообразия расположены к югу и юго-востоку от Истриского водохранилища (рис. 7). Отметим, что высокопродуктивные сообщества (в основном 5 выделенной группы лесов), выполняющих рассматриваемую функцию являются наиболее ценными, нуждающимися в охране и ограничении хозяйственной или иной деятельности. Следует отметить, что данные леса также выполняют и эстетическую функцию и являются хорошими ягодными и грибными местами.

В целом выполнение нескольких экологических функций характерно главным образом для короткопроизводных сообществ. В границах Истринского ландшафта (на рис. 7) таковые представлены папоротниково-кислично-широкотравными лесами к северу от Звенигорода.

ВЫВОДЫ

На основе карты растительности Московской области было проанализировано состояние лесного покрова на модельных ландшафтах, представляющих ландшафтные комплексы лесов 4-х природных провинций: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности, Мещерской низменности. В пределах Верхневолжской низменности основную долю лесов занимают бореальные елово-березовые и елово-сосновые сообщества, на Клинско-Дмитровской гряде и в Мещерской низменности преобладают субнеморальные елово-сосновые леса, в пределах Теплостанской возвышенности – хвойно-широколиственные леса.

Лесистость напрямую определяет экологическую ценность и природно-экологический потенциал ее значений не должен быть ощутимо низким, в противном случае снижается ценность сообществ. Среди рассмотренных ландшафтов не все удовлетворяют оптимальной лесистости. По космическим снимкам системы Landsat проведена актуализация использованной карты растительности, что позволило определить динамику площадей лесных эпиассоциаций за последние 25 лет (с 1991 по 2016 гг.) и установить общую для Московской области тенденцию сокращения лесистости во всех модельных ландшафтах.

Также по космическим снимкам были рассчитаны вегетационные индексы для каждой эпиассоциации в пределах ландшафтов, на основании значений которых были выделены группы продукционных способностей лесов. Для каждой эпиассоциации также было рассчитано количество продуцируемого эпиассоциацией кислорода и депонируемого углерода. Впоследствии при помощи методов математической статистики на основе вегетационного индекса и продуцируемого кислорода состав продукционных групп лесов ландшафтов был уточнен. Это дало возможность создания среднемасштабных карт оценки средоформирующих функций лесов на модельные ландшафты. Отметим, что подобные карты в данном масштабе были созданы впервые.

Отдельно авторами были проанализированы и оценены защитные функции лесов, такие как противоэрозионная, биостационная, водорегулирующая и некоторые другие, что нашло отражение в созданных картах оценки защитных функций лесов.

На основе полученной информации возможен переход к рекомендательному этапу исследований – создание и обоснование мер охраны особо ценных сообществ, а также наиболее характерных экологических функций для каждой эпиассоциации. Созданная база данных является основой создания карт рекомендаций по использованию лесов с учетом специфики их средообразования и выполнения экологических функций. Такие картографические работы могут быть эффективно использованы как при территориальном планировании развития региона, так и при экологическом обосновании конкретных хозяйственных мероприятий. Это позволит защитить особо ценные сообщества в интересах будущих поколений и устойчивого развития региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Хрусталева М.А., Цесельчук Ю.Н.* Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: СГУ, 1997. 296 с.

2. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

3. *Варфоломеев А.Ю., Мироненко А.А.* Влияние накопления биологических повреждений на выделение кислорода хвойными насаждениями на севере // Фундаментальные исследования. 2012. № 9. С. 361–368.
4. *Васильев О.Д., Чистов С.В.* Исследование и картографирование средообразующих функций лесов Новой Москвы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2016. Т. 60, № 5. С. 128–133.
5. *Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н.* Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоев // Лесоведение. 2005. № 6. С. 73–81.
6. *Замолодчиков Д.Г.* Система оценки и прогнозов запаса углерода в лесных экосистемах // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4(29). С. 15–22.
7. *Зимин М.В*. Разработка методики картографирования средообразующих функций бореальных лесов европейской России: дисс. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2009. 157 с.
8. Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология / А.А. Клочко, М.А. Романовская, М.Г. Гречушникова и. др. ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР». М., 2004. С. 495.
9. *Рубцов М.В.* Классификация функций и роли леса // Лесоведение. 1984. № 2. С. 3–10.
10. *Сочава В.Б.* Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. Л.: Наука, 1972. С. 3–18.
11. *Усольцев В.А., Залесов С.В.* Депонирование углерода в насаждениях некоторых экотонов и на лесопокрытых площадях Уральского федерального округа. Екатеринбург: Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2005. 224 с.
12. *Усольцев В.А.* Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 570 с.
13. *Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А.* Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение. 2003. № 1. С. 48–57.
14. *Чистов С.В.* Использование принципа рациональности природопользования в решении крупных программ Московского региона // Проблемы землепользования в связи с развитием малоэтажного жилищного строительства в Московском регионе. М., 1993. С. 49–54.

REFERENCES

1. *Annenskaya G.N., Zhuchkova V.K., Kalinina V.R., Mamai I.I., Nizovtsev V.A., Khrustaleva M.A. Tsesel'chuk Yu.N.* Landscapes of the Moscow region and their current state, Smolensk: SGU, 1997. 296 p. (in Russian).
2. *Bazilevich N.I.* Biological productivity of Northern Eurasia ecosystems. Moscow: Nauka, 1993. 293 p. (in Russian).
3. *Chistov S.V.* Using the principle of nature of rationality in dealing with the major programs of the Moscow region. Problemy zemlepol'zovaniya v svyazi s razvitiem maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Moskovskom regione. M., 1993. P. 49–54 (in Russian).
4. National Atlas of Russia. Environment (Nature). Ecology, M.: FGUP "Gosgistsentr", 2004. 495 p. (in Russian).
5. *Rubtsov M.V.* Classification of the functions of forests and its roles. Lesovedenie. 1984. No 2. P. 3–10 (in Russian).
6. *Sochava V.B.* Vegetation classification as a hierarchy of dynamic systems. Geobotanicheskoe cartografirovanie. L.: Nauka, 1972. P. 3–18 (in Russian).
7. *Usoltsev V.A., Zalesov S.V.* Carbon deposition in the forests of some ecotones and on the forested areas of the Ural Federal District. Yekaterinburg: Ural'skii gosud. lesotekhn. un-t. 2005. 224 p.

8. *Usoltsev V.A.* Eurasian Forest Biomass and Primary Production Data. Yekaterinburg: UrO RAN, 2010. 570 p. (in Russian).
9. *Utkin A.I., Zamolodchikov D.G., Pryazhnikov A.A.* Methods for determination of carbon accumulation in phytomass and net productivity of forest (by the example of stands in Republic of Belarus. Lesovedenie. 2003. No 1. P. 48–57 (in Russian).
10. *Varfolomeev A.Y., Mironenko A.A.* Decrease of oxygen segregation by coniferous stands in case of biological damage accumulation. Fundamental research. 2012. No 9. P. 361–369 (in Russian).
11. *Vasilyev O.D., Chistov S.V.* Researching and creating maps of environmental-forming functions of the forests of New Moscow. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotos”emka. 2016. V. 60, No 5. P. 128–133 (in Russian).
12. *Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Korovin G.N.* Conversion Coefficients Phytomass/Reserves Related to Dendrometric Parameters and Stand Composition. Lesovedenie. 2005. No 6. P. 73–81 (in Russian).
13. *Zamolodchikov D.G.* The evaluation system and projections of carbon stock in forest ecosystems. Ustoichivoe lesopol’zovanie. 2011. No 4(29). P. 15–22 (in Russian).
14. *Zimin M.V.* Development of a methodology for mapping the environment-forming functions of boreal forests in European Russia. PhD dissertation. M., 2009. 157 p. (in Russian).

УДК 912.43:55:004.9 (1-924.14/16)

Куликов В.С.[1], Светов С.А.[2], Степанова А.В.[3], Куликова В.В.[4], Полин А.К.[5], Гоголев М.А.[6]

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ГЕОЛОГИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ»: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются первые результаты работы созданной в Институте геологии КарНЦ РАН геоинформационной системы «Геология Юго-Восточной Фенноскандии». На первом этапе (2013–2016 гг.) была составлена и апробирована Обзорная геологическая карта (ОГК) масштаба 1 : 750 000, базирующаяся на международной стратиграфической шкале с внесенными в нее уточнениями. Впервые выделены в докембрии региона 18 хроностратиграфических подразделений ранга систем и суперсистем (архей – 8, протерозой – 10) со своей цветовой окраской и цифровой индексацией. ОГК с кратким описанием представлена в статье [Куликов и др., 2017].

На ее базе созданы и впервые публикуются карты-схемы: 1) роев даек, силлов и связанных с ними магматических массивов (в том числе предполагаемых); 2) мантийно-плюмового магматизма ЮВ Фенноскандии. Проведенный анализ развития мафит-ультрамафитового магматизма различной фациальной принадлежности (сохранившиеся реликты лавовых потоков, субвулканических тел, глубинных массивов и вулканокластических образований), а также ассоциирующихся с ними кимберлитов и карбонатитов, позволил выделить не менее 9 крупных магматических провинций (LIPs) и 1 кремнистую провинцию (SLIP) [Ernst, 2014]. Представляется, что они в основном сформированы под воздействием соответствующих плюмов и суперплюмов: 8 континентальных (внутриплитных) (протерозой-палеозой) и 2 океанических (архей). Некоторые суперплюмы имели до 4 импульсов внедрения продолжительностью до 30 млн лет. На территории ЮВ Фенноскандии по геохронологическим данным магматическая деятельность отмечается в течение 3 млрд лет, охватывая 7 геологических эр из выделяемых 9 (за исключением мезопротерозоя и мезозоя).

На основе ОГК показана геологическая специфика (разнообразие) заповедников и национальных парков региона и ее значение для охраны окружающей среды и развития новых форм туризма в особо охраняемых территориях, а также организации новых геопарков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картография, особо охраняемые природные территории, геология.

---

[1] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **kulikov@krc.karelia.ru**

[2] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **ssvetov@krc.karelia.ru**

[3] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **stepanov@krc.karelia.ru**

[4] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **vkulikova@yandex.ru**

[5] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **polin@krc.karelia.ru**

[6] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **mag-333@mail.ru**

Vyacheslav S. Kulikov[1], Sergey A. Svetov[2], Aleksandra V. Stepanova[3], Victoria V. Kulikova[4], Anatoliy K. Polin[5], Maksim A. Gogolev[6]

GEOINFORMATION SYSTEM "GEOLOGY OF SOUTHEASTERN FENNOSCANDIA": PROSPECTS FOR ITS USE IN COMPILING STATE GEOLOGICAL MAPS AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

ABSTRACT

The preliminary results of the use of the geoinformation system "Geology of Southeastern Fennoscandia", developed in the Institute of Geology, KarRC, RAS, are reported. At stage I (2013–2016), a 1 : 750 000 scale geological map, based on the revised International Cronostratigraphic Chart, was compiled and tested. Eighteen chronostratigraphic units, ranking as systems and supersystems (Archean – 8, Proterozoic – 10), each having its own colour and digital index, were identified for the first time in the Precambrian sequences of the region.

Geological map was presented and briefly described in [Kulikov et al., 2017]. It provided a basis for constructing sketch maps (published for the first time) of: 1) dyke swarms, sills and associated (assumed and other) magmatic massifs; 2) mantle-plume magmatism in SE Fennoscandia. Analysis of the evolution of various-facies mafic-ultramafic magmatism (preserved relics of lava flows, subvolcanic bodies, deep-seated massifs and volcaniclastic rocks) and associated kimberlites and carbonatites has revealed at least nine large igneous provinces (LIPs) and one silicon province (SLIP) after [Ernst, 2014]. They seem to have been produced basically by corresponding plumes and superplumes: 8 continental (intraplate) (Proterozoic-Paleozoic) and 2 oceanic (Archean). Some of the superplumes display up to four intrusion impulses that continued for up to 30 Ma.

Available geochronological data show that igneous activity in SE Fennoscandia lasted 3 Ga, spanning 7 of 9 geological eras, except for the Mesoproterozoic and Mesozoic.

Geological map is used to show the geological diversity of nature reserves and national parks in the region and its significance for environmental protection, encouragement of new forms of tourism in strictly protected areas and establishing new geoparks.

KEYWORDS: cartography, strictly protected areas, geology.

[1] Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **kulikov@krc.karelia.ru**

[2] Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **ssvetov@krc.karelia.ru**

[3] Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **stepanov@krc.karelia.ru**

[4] Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **vkulikova@yandex.ru**

[5] Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **polin@krc.karelia.ru**

[6] Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **mag-333@mail.ru**

ВВЕДЕНИЕ

В 2013 г. в Институте геологии Карельского НЦ РАН начались плановые работы по созданию геоинформационной системы (ГИС) «Геология Юго-Восточной Фенноскандии», которая должна содержать как минимум комплекс разнородных баз данных, относящихся к наукам о Земле, в ключевом для раннего докембрия регионе России. Ранее в ИГ КарНЦ РАН создавались только локальные базы данных тематического характера, не охватывающие весь регион. Отсутствовала современная геологическая карта, которая должна была стать ядром ГИС. Поэтому на первом этапе исследований главное внимание уделялось созданию Обзорной геологической карты (ОГК) масштаба 1 : 750 000 на основе современной международной стратиграфической шкалы с внесением в нее уточнений и учетом новых геологических и геохронологических данных различных отечественных и зарубежных организаций.

Такая карта была составлена в 2016 г., прошла апробацию на ряде престижных конференциях в России и за рубежом (в том числе на 35 международном геологическом конгрессе в Кейптауне, ЮАР) и представлена в статье [Куликов и др., 2017]. В данной работе рассматриваются результаты последующего этапа формирования ГИС, где приоритетными объектами стали магматические образования, составляющие более половины площади ОГК, в том числе в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) – заповедниках и национальных парках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обзорная геологическая карта (ОГК) масштаба 1 : 750 000 Юго-Восточной Фенноскандии охватывает территорию более 300 000 км^2, включая Республику Карелия и прилегающие районы Мурманской, Архангельской, Вологодской и Ленинградской областей и Восточной Финляндии (рис. 1). Легенда карты основана на одобренной МСГН, Международной хроностратиграфической шкале докембрия на уровне эонов и эр, с дополнительным внесением в них более дробных подразделений – периодов (систем) и суперпериодов (суперсистем) и существенно отличается от таковых для государственных геологических карт 3-го поколения м-ба 1 : 1000 000 для Карело-Кольского региона [Богданов, 2000]. При составлении карты использовались материалы Института геологии КарНЦ РАН [Светов, 2005; Слабунов и др., 2006; Кожевников и др., 2006; Kulikov et al., 2010; Онежская..., 2011; Stepanova et al., 2014, 2015; Костомукшский..., 2015 и др.] и других организаций (ВСЕГЕИ, ПГО Севзапгеология, Архангельск геология, ГИН РАН и др., а также финских исследователей [Ramo et al., 2001; Holtta, 2012]). Карта создана в программе «Mapinfo».

Топографической основой ГИС стали мозаики «Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Compressed Mosaics» в формате MrSid и векторная топографическая карта Республики Карелия м-ба 1 : 1 000 000, «Аэрогеодезия» (1996 г.). Структура ГИС сформирована набором векторных слоев, составляющих ОГК. Дополнительно в ГИС включен набор растровых источников авторских данных, что позволяет отслеживать историю изменения представлений о геологическом строении территории Юго-Восточной Фенноскандии.

Помимо этого, в ГИС входят наборы данных, представляющих схему тектонического районирования территории, базу геохронологических данных (сформированную по всем доступным к настоящему времени возрастам цирконов и сфенов). Осуществлена интеграция ГИС с геохимическим банком данных ИГ КарНЦ РАН. Созданы предпосылки для использования ГИС в исследованиях по охране окружающей среды и экотуризме.

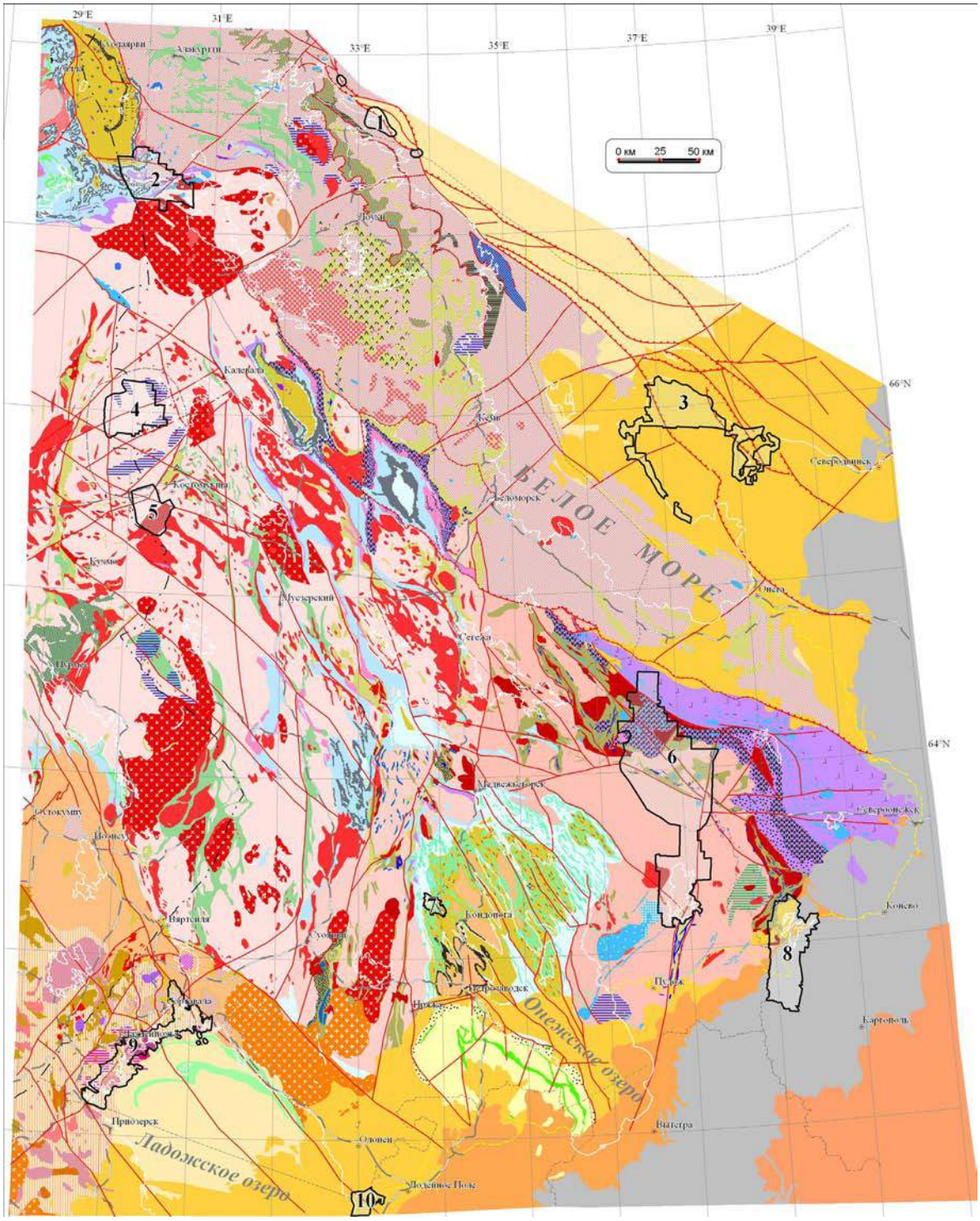


Рис. 1. Обзорная геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии М 1 : 750 000 [Куликов и др., 2017] и границы заповедников и национальных парков РФ

Заповедники: 1 – Кандалакшский, 5 – Костомукшский, 7 – Кивач, 10 – Южно-Свирский; Национальные парки: 2 – Паанаярви, 3 – Онежское Поморье, 4 – Калевальский, 6 – Водлозерский, 8 – Кенозерский, 9 – Ладожские шхеры

Fig. 1. 1 : 750 000 scale geological map of Southeastern Fennoscandia [Kulikov et al., 2017] and the boundaries of nature reserves and national parks in the Russian Federation

Nature reserves: 1 – Kandalakshsky, 5 – Kostomukshsky, 7 – Kivach, 10 – South Svir.ational parks: 2 – Paanajarvi, 3 – Onega Pomorye, 4 – Kalevalsky, 6 – Vodlozersky, 8 – Kenozersky, 9 – Ladoga Skerries

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная система ГИС позволяет создавать рабочие наборы тематических карт. В 2017 г. были созданы следующие карты Юго-Восточной Фенноскандии: 1) Карта-схема роев даек, силлов и связанных с ними интрузивов (рис. 2); 2) Карта-схема мантийно-плюмового магматизма (рис. 3). Карты имеют близкие легенды и отличаются отсутствием на первой полей вулканических образований, а на второй – большинства даек внемасштабного размера. Цветовая окраска разновозрастных магматических комплексов дана в соответствии с принятыми в ОГК цветами для соответствующих систем (периодов) и выгодно отличается от традиционно принятых для государственных геологических карт.

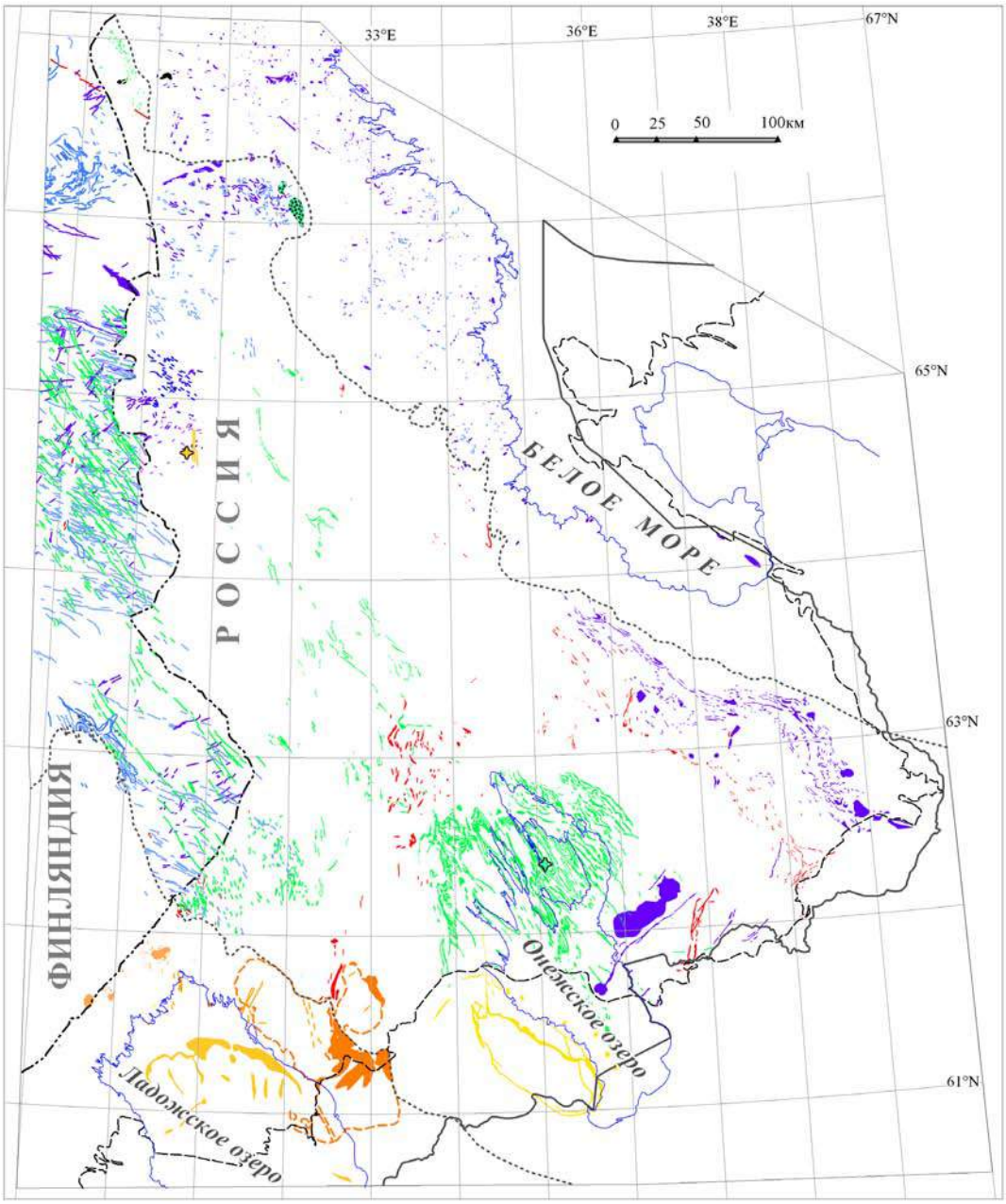


Рис. 2. Карта-схема роев даек, силлов и связанных с ними интрузивов ЮВ Фенноскандии. Составлена на основе карты [Куликов и др., 2017] и данных [Vuolo, Huhma, 2005]
Fig. 2. Sketch map of dyke swarms, sills and associated intrusions in SE Fennoscandia. Based on map [Kulikov et al., 2017] and date [Vuolo, Huhma, 2005]

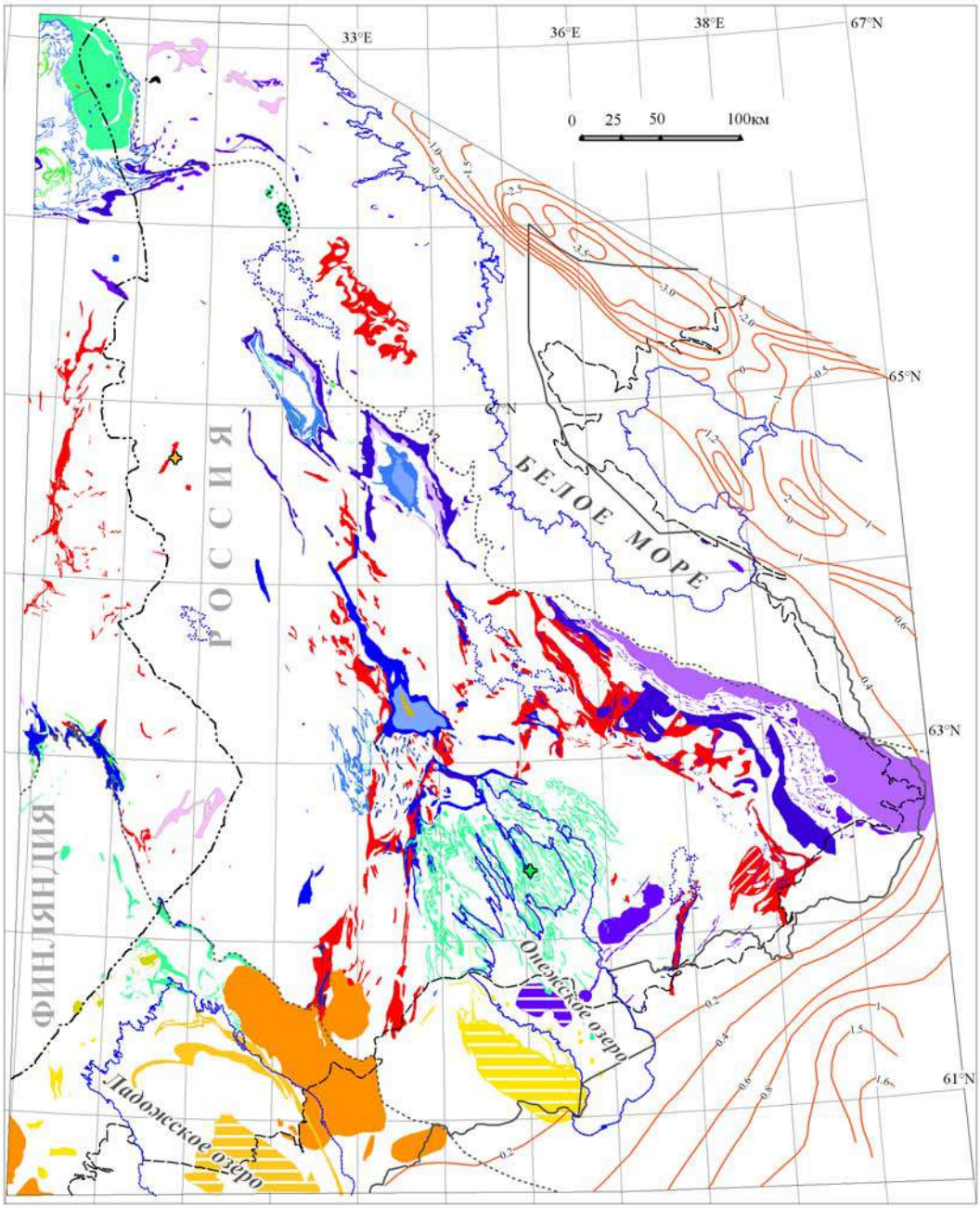


Рис. 3. Карта-схема мантийно-плюмового магматизма ЮВ Фенноскандии
(составлена на основе карты [Куликов и др., 2017])
Fig. 3. Sketch map of mantle-plume magmatism in SE Fennoscandia
(based on map [Kulikov et al., 2017])

На карте (рис. 2) отчетливо проявлена различная ориентировка роев даек и силлов разных геологических периодов. Для мезоархейских комплексов (2985–2850 млн лет) типична субмеридиональная (реже северо-западная) ориентировка роев магматических тел. Эти направления не получили пока однозначной интерпретации и могут отражать или первичную (на момент формирования) ориентировку, или маркировать коллизионные процессы, происходившие в позднем архее на территории региона. Отчетливо проявляется генеральное северо-западное направление простирания магматических систем палеопротерозоя (2500–1900 млн лет).

Карта-схема мантийно-плюмового магматизма Юго-Восточной Фенноскандии (см. рис. 3), включает поля развития вулканических (лавы, туфы и ассоциирующие с ними осадочные породы того же возраста) образований и комагматичные им интрузивы.

Условные обозначения к рисункам 2 и 3:

Хроностратиграфическая схема (по Куликов и др., 2017)			Изотопный возраст магматитов	Вещественный состав	Цвет на карте	Условные мантийные плюмы (I-X) и их импульсы - (a, b, c, d)
Эон	Эра	Период, суперпериод	U-Pb Ma	Дайки, силлы, массивы		
Фанерозой	Палеозой	Девон	383 - 375	Фоидолиты, оливиниты, пироксениты, карбонатиты, ийолиты		I
		542				
Протерозой	Неопротерозой	Верхний рифей				
		1030				
	Мезопротерозой	Средний рифей	1120 - 1200	Долериты		II
				Кимберлиты, лампроиты		
		1350				
		Нижний рифей	1457	Габбродолериты, гиалобазальты, монцониты, трахибазальты		IIIb
			1550	Анортозиты, габбродолериты, монцониты, граниты рапакиви		IIIa
		1650				
	Палеопротерозой	Вепсий	1770 - 1750	Долериты, габбро, лампрофиры		IV
		1800				
		Калевий	1871 - 1891	Диориты, габбродиориты, монцодиориты, пироксениты, габбро		V ?
		1920				
		Людиковий	2000	Кимберлиты		VIc
			1999	Феррогаббро, пироксениты, оливиниты, нефелиновые сиениты, карбонатиты.		VIb
			1975 - 1984	Пикриты, долериты, габбро, габбродолериты, верлиты. Пикробазальты, базальты, андезибазальты и трахибазальты.		VIa
		2100				
		Ятулий	2100	Долериты.		VIIc
			2200	Долериты, верлиты, базальты.		VIIb
			2300	Долериты.		VIIa
		2300				
		Сариолий		Андезибазальты.		VIIId
		2400				
		Сумий	2405	Габбронориты, пироксениты, габброанортозиты		VIIIc
			2450	Коматиитовые базальты и андези базальты. Перидотиты, габбронориты, габбро, диориты		VIIIb
			2500	Долериты, габбронориты		VIIIa
		2500				
Архей	Неоархей		2700 - 2800	Базальты, коматииты		IX
		2800				
	Мезоархей		2850 - 2985	Габбро, пироксениты, перидотиты. базальты, коматииты.		X
		3200				
	Палеоархей		>3240 (?)	Амфиболиты (базальты, коматииты).		

Прочие обозначения: - граница Фенноскандии. - граница Фенноскандинавского щита.
- границы провинций Фенноскандинавского щита. - контуры водоемов
- изолинии поверхности докембрийского кристаллического фундамента (по Гусеву Г.С. и др., 2007г.)

Примечание: 1. Белой горизонтальной шриховкой отмечены предполагаемые массивы под осадочным чехлом

Captions to Figures 2 and 3:

Chronostratigraphic scheme (after Kulikov et al., 2017)			Isotope age of magmatites	Mineralogical composition	Colour on map	Arbitrary mantle plumes (I-X) and their impulses - (a, b, c, d)
Eon	Era	Period, superperiod	U-Pb Ma	Dikes, sills, massifs		
Phane-rozoic	Paleo-zoic	Devonian	383 - 375	Foidolites, olivinites, pyroxenites, carbonatites, ijolites		I
		542				
Proterozoik	Neopro-terozoic	Upper Riphean				
		1030				
	Mesopro-terozoic	Middle Riphean	1120 - 1200	Dolerites		II
				Kimberlites, lamproites		
		1350				
		Lower Riphean	1457	Gabbro-dolerites, hyalobasalts, monzonites, trachybasalts		IIIb
			1550	Anorthosites, gabbro-dolerites, monzonites, rapakivi granites		IIIa
		1650				
	Paleoproterozoic	Vepsian	1770 - 1750	Dolerites, gabbro, lamprophyres		IV
		1800				
		Kalevian	1871 - 1891	Diorites, gabbro-diorites, monzodiorites, pyroxenites, gabbro		V ?
		1920				
		Ludicovian	2000	Kimberlites		VIc
			1999	Ferrogabbro, pyroxenites, olivinites, Nepheline syenites, carbonatites		VIb
			1975 - 1984	Picrites, dolerites, gabbro, gabbro-dolerites, wehrlites. Picrobasalts, basalts, andesite--basalts and trachybasalts.		VIa
		2100				
		Jatulian	2100	Dolerites		VIIc
			2200	Dolerites, wehrlites, basalts		VIIb
			2300	Dolerites		VIIa
		2300				
		Sariolian		Andesite-basalts		VIIId
		2400				
		Sumian	2405	Gabbro-norites, pyroxenites, gabbro-anorthosites		VIIIc
			2450	Komatiitic basalts and andesite-basalts. Peridotites, gabbro-norites, gabbro, diorites		VIIIb
			2500	Dolerites, gabbro-norites		VIIIa
		2500				
Archean	Neo-archean		2700 - 2800	Basalts, komatiites		IX
		2800				
	Meso-archean		2850 - 2985	Gabbro, pyroxenites, peridotites, basalts, komatiites		X
		3200				
	Paleo-archean		>3240 (?)	Amphibolites (basalts, komatiites).		

Other captions: - Fennoscandia's boundary; - Fennoscandian Shield's boundary; - boundaries of Fennoscandian Shield provinces; - water body contours; - contour lines of the Precambrian crystalline basement surface (after G.S.Gusev et al., 2007)

Note: 1. White horizontal striation shows assumed massifs under the sedimentary cover

Анализ площадного распространения магматических образований основного и ультраосновного состава различной фациальной (интрузивы, дайки, силы, вулканические поля) и геодинамической принадлежности, относящихся к разным геологическим периодам

и суперпериодам, позволяют рассматривать их как реликты крупных магматических провинций (**LIPs**) и кремнистых **LIPs** (**SLIPs**) (по классификации Р. Эрнста [Ernst, 2014]).

Первичные параметры LIPs, такие как площадь распространения и объем излившихся расплавов невозможно установить по современному эрозионному срезу. Поэтому для их оценки привлекаются косвенные признаки: мощности сохранившихся магматических тел, площади развития даек (подводящих каналов для эродированных лав), данные по аналогичным комплексам в соседних регионах.

На основании анализа данных, имеющихся для магматических образований Юго-Восточной Фенноскандии, на ее территории выделено 10 крупных магматических провинций (9 LIPs и 1 SLIP), сформированных в интервале времени от мезоархея до палеозоя. В легенде к картам-схемам LIPs пронумерованы римскими цифрами (I–X) от молодых к древним. Для большинства LIPs предполагается мантийно-плюмовое происхождение. Каждый мантийный плюм по аналогии с плюмами фанерозоя развивался на протяжении до 50 млн лет [Ernst, 2014]. Некоторые провинции были сформированы суперплюмами, которые имели несколько импульсов, отличающихся по возрасту и специфике вещественного состава (например, сумийский и людиковийский). Данные импульсы обозначены в легенде латинскими буквами (a – ранний, b – средний, c – поздний, d – заключительный) и дополняют цифровые обозначения плюмов в легенде.

Рассмотрим кратко выделенные крупные магматические провинции и соответствующие им плюмовые события (от молодых к древним). В название каждого плюма введен временной компонент на уровне геологического периода (суперпериода) принятой хроностратиграфической схемы Юго-Восточной Фенноскандии.

LIP I – девонская Кольско-Днепровская по [Ernst, 2014], имеет весьма ограниченное развитие на ЮВ Фенноскандии, составляя юго-западную часть Кольской субпровинции с массивами ультрамафит-карбонатитов Вуориярви, Салланлатва и сопровождающими дайками фоидолитов [Баянова и др., 2002].

LIP II – среднерифейская с двумя плюмовыми (постиотнийскими) импульсами: долеритовым (Салла-Тууттиярви, 1120 млн лет) и кимберлитовым (Костомукша, 1200 млн лет), проявлена весьма ограниченно, как краевая часть провинции, развитой в Центральной и Южной Швеции и Финляндии [Ramo et al., 2001; Костомукшский..., 2015].

LIP III – раннерифейская Ладожская субпровинция (1457 млн лет) представлена Валаамским силлом габбродолеритов-монцонитов, лавами базальтов и трахиандезибазальтов, а также предполагаемым массивом основных пород на юге Ладожского озера, перекрытого рифейскими осадками. Он выделяется по гравиметрической и магнитной аномалиям и требуют геологической заверки. Данная субпровинция является частью иотнийской LIP, получившей широкое развитие в Южной Финляндии и Швеции [Ramo et al., 2001].

SLIP IV – раннерифейская Балтийская кремнистая провинция, представленная дифференцированными массивами анортозитов, габбродолеритов, гранитов рапакиви (1650–1550 млн лет), последние – являются преобладающими. В пределах рассматриваемой территории она представлена массивами Салминским, Улялегским и частично Выборгским. Основное развитие провинция получила в Латвии, Эстонии, Финляндии и Швеции [Ларин, 2011].

LIP V – вепсийская провинция представлена Ропручейским силлом (1770–1750 млн лет) в Онежской структуре, а также массивами Вуоксинский, Райвимякский, Оярви и другими (габброиды, биотитовые пироксениты, монциниты, сиениты, гранитоиды, лампрофиры) в Приладожье [Куликов и др., 2017]. Другие субпровинции этой провинции также развиты на южном Урале.

LIP VI – людиковийская провинция (2000–1975 млн лет) с субпровинциями Онежской, Куолаярвинской, Восточно-Финляндской, Печенгской и другими, сформирована,

как минимум, тремя импульсами: Онежским, Куолаярвинским и Тикшозерским. Магматические образования указанных субпровинций имеют различия, как по времени образования, так и вещественному составу: в Онежской преобладают пикриты и базальты с силлами перидотитов и габбродолеритов: а в Куолаярвинской – вулканиты основного и среднего состава, иногда с повышенной щелочностью, местами ультраосновного и кислого, а также силлы габбродолеритов и перидотитов. Существенное отличие наблюдается у интрузивов Тикшозерской субпровинции, где развиты феррогаббро, пироксениты, оливиниты, нефелиновые сиениты и карбонатиты. В Онежской субпровинции известны трубки кимберлитов [Онежская..., 2011].

LIP VII – ятулийская провинция долерит-базальтовая представлена вулканитами основного состава и дайками, реже силлами долеритов. Отмечается до трех временных импульсов магматизма (2100, 2200 и 2300 млн лет) [Stepanova et al., 2014, 2015].

LIP VIII – сумийская провинция с субпровинциями Ветреного Пояса, Лапландской и Кольско-Беломорской (2500–2400 млн лет). Она выделена под разными названиями – Балтийская [Ernst., 2014], Восточно-Скандинавская [Bayanova et al., 2009], Сумийская [Kulikov et al., 2010]. Субпровинции представлены как вулканическими, так и плутоническими образованиями высокомагнезиальной базальтовой (ветренитовой) магмы. В состав этой провинции условно включены и редкие основные магматиты сариолия.

LIP IX – неоархейская (2800–2780 млн лет) выделена условно по наличию в осадочно-вулканогенных толщах этого возраста лав коматиитов и базальтов позднеархейских зеленокаменных поясов, которые сопоставимы с современными лавами океанических плато. Подобные образования относятся Р. Эрнстом к океаническим LIPs [Ernst., 2014]. На рассматриваемой территории они фиксируются в Западном Беломорье, Западной Карелии и ЮВ Финляндии [Слабунов и др., 2006].

LIP X – мезоархейская провинция (провинции?) (3000–2800 млн) выделяется по наличию в большинстве архейских зеленокаменных поясов значительных объемов коматиитов и толеитовых базальтов в том числе с характерными подушечными текстурами. Многие исследователи считают их реликтами океанических плато мезоархея. Трактовка их принадлежности к LIP дается впервые и требует дальнейших исследований.

Действующая геоинформационная система содержит также комплекс данных необходимых для исследований в области геоэкологии и геологического наследия. Например, на основе ОГК выделены наиболее интересные и представительные ООПТ (заповедники и национальные парки), в которых имеются важные геологические объекты общероссийского значения, доступные для посещения и исследования специалистами и туристами. Здесь отметим только те, где установлены уникальные и представительные докембрийские геологические комплексы.

Природные сообщества ООПТ – своеобразная экологическая ниша, где уже сформирован комплекс растений, животных, микроорганизмов, приспособленных к условиям существования на данной территории. Они влияют друг на друга и на окружающую среду, при этом опосредованно зависят от базовых кристаллических и рыхлых горных пород как фундамента, а также отдельных слагающих последние минералов, входящих в состав почв, на которых находятся данные сообщества. На территориях ООПТ геологические исследования служат также основой для создания экологических и природных троп, а отдельные интересные геологические объекты в их пределах превращаются в самостоятельные достопримечательности. Анализ площадного расположения на ОГК ООПТ и особенностей геологического строения их дочетвертичного фундамента показал, что все заповедники и национальные парки на рассматриваемой территории (Республика Карелия и прилегающие районы других субъектов РФ) отличаются своеобра-

зием за счет индивидуальной геологической специфики, обусловленной, в том числе, временем формирования их кристаллического фундамента [Куликов и др., 2016]. Главные геологические особенности этих ООПТ заключаются в следующем (в порядке от древних к молодым) (рис. 1).

1. В карельской части национального парка «Водлозерский» (ВНП) (6) в отличие от других ООПТ на поверхности Земли обнажаются наиболее древние амфиболиты, гнейсы, тоналиты и гранитоиды палеоархея с возрастом более 3,2 млрд лет.

2. В архангельской части ВНП и западной части Кенозерского национального парка (КНП) (8) развиты «пояса» вулканогенных и осадочных пород мезо- и неоархея (3,0–2,7 млрд лет), сопровождаемые глубинными плутонитами (габброиды и ультрамафиты). Для всех ООПТ, в том числе Костомукшского заповедника (5) и частично в «Паана-ярви» (НПП) (2) и Калевальском (4), характерны гранитоиды этого же возраста.

3. В архангельской части ВНП и НПП известен широкий спектр пород палеопротерозоя (2,5–2,3 млрд лет) от андезибазальтов до уникальных по свежести коматиитовых базальтов, кварцитопесчаников и конгломератов, а также интрузивных комагматов вулканитов.

4. В НПП и заповеднике «Кивач» наиболее полно представлены породы с возрастом 2,3–1,92 млрд лет: кварцитопесчаники, доломиты, углеродсодержащие сланцы, шунгиты, базальты и их туфы, а также пикриты, долериты и верлиты, при этом определены их новые изотопные возрасты, создающие перспективы для углубления исследований.

5. На территории созданного в 2017 г. национального парка «Ладожские шхеры» (9) также широко представлены палеопротерозойские осадки и вулканиты, но здесь они интенсивно метаморфизованы при высоких температурах и давлениях, превращены в кристаллические сланцы и гранулиты. Близкие по составу и степени метаморфизма породы наблюдаются и в Кандалакшском заповеднике (1).

6. На территории Нижне-Свирского заповедника (10) и национального парка «Онежское Поморье» (3) и частично в КНП развиты наиболее молодые докембрийские осадочные породы вендской системы (0,65–0,54 млрд лет).

7. В восточной части КНП обнажаются осадочные породы девона и карбона (песчаники, глины, известняки, мергели) с возрастом 0,4–0,3 млрд лет.

Разнообразие геологических объектов формирует геологическую летопись 7 из 9 эратем, известных в истории Земли в интервале 3,5–0,3 млрд лет. Следы двух, пока не обнаруженных эр (мезопротерозой и мезозой), могут сохраниться в отдельных природных заказниках. Геологические исследования, проведенные на ООПТ Северо-Запада России, свидетельствуют о большом потенциале этих территорий для дальнейшего их изучения и развития новых форм познавательного и научного туризма.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная геоинформационная система «Геология Юго-Восточной Фенноскандии» позволяет применять новые подходы к составлению геологических карт в том числе государственных Российской Федерации) мелкого и среднего масштаба, особенно для территорий с развитием докембрийских образований.

2. В ходе работы над ГИС составлена и апробирована «Обзорная геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии, масштаба 1 : 750 000» на основе новой хроностратиграфической схемы региона, включающей 18 докембрийских стратонов ранга систем и суперсистем. Она выгодно отличается от существующих государственных карт мелкого масштаба региона, как по содержанию, так и по новой цветовой раскраске и цифровой индексации геологических образований.

3. Обзорная геологическая карта явилась базовой для создания специализированных карт геологического содержания, например, карт-схем роев даек, силлов и магматических массивов, а также мантийно-плюмового магматизма. Существуют перспективы ее использования в области охраны природы при оценке геологического потенциала особо охраняемых природных территорий и развития там туризма, а также создании новых геопарков.

Исследование выполнено в рамках госзадания Института геологии КарНЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баянова Т.Б., Пожиленко В.И., Смолькин В.Ф. и др.* Каталог геохронологических данных по СВ части Балтийского щита. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 53 с.
2. *Богданов Ю.Б.* (гл. ред.) Государственная геологическая карта РФ. 1 : 1000 000. Лист P – 35 – 37 – Петрозаводск. Объяснит. записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 322 с.
3. *Гусев Г.С., Головин А.А., Криночкин Л.А., Сироткина О.Н.* Минерагенический потенциал недр России. Вып. 1. Восточноевропейско-Баренцевская мегапровинция. М.: Геос, 2008. С. 29–69.
4. *Кожевников В.Н., Бережная Н.Г., Пресняков С.Л. и др.* Геохронология циркона (SHRIMP-II) из архейских стратотектонических ассоциаций в зеленокаменных поясах Карельского кратона: роль в стратиграфических и геодинамических реконструкциях // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14, № 3. С. 19–41.
5. Костомукшский рудный район (геология, глубинное строение и минерагения) / Отв. ред. В.Я. Горьковец, Н.В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. 322 с.
6. *Куликов В.С., Кузнецова Е.В., Куликова В.В., Полин А.К.* Геологическое разнообразие заповедников и национальных парков ЮВ Фенноскандии // Всеросс. науч.-практ. конф. Научные исследования в заповедниках и национальных парках России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 128.
7. *Куликов В.С., Светов С.А., Слабунов А.И., Куликова В.В., Горьковец В.Я., Полин А.К., Голубев А.И., Гоголев М.А.* Геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1 : 750 000: Новые подходы к составлению // Труды КарНЦ РАН. 2017. № 2. С. 3–41. DOI: 10.17076/geo444.
8. *Ларин А.М.* Граниты рапакиви и ассоциирующие породы. СПб.: Наука, 2011. 402 с.
9. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения) / Отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
10. *Светов С.А.* Магматические системы зоны перехода океан-континент в архее восточной части Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 230 с.
11. *Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б., Бибикова Е.В. и др.* Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. 2006. № 6. С. 1–29.
12. *Bayanova T.B., Ludden J., Mitrofanov F.P.* Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications. London: Geological Society, Special Publication. 2009. 323. P. 165–198. DOI: 10.1144/SP323.8.
13. *Ernst R.E.* Large Igneous Provinces. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 2014. 653 p.
14. *Holtta P.* (ed.) The Archean of the Karelia Province in Finland. GSF. Special paper, 54, 2012. 253 p.
15. *Kulikov V.S., Bychkova Ya.V., Kulikova V.V., Ernst R.* The Vetreny Poyas (Vetreny Belt) A essential component of the ca. 2,5–2.4 Ga Sumian large igneous province // Precambrian Research. 2010. V. 183. P. 589–601. DOI: 15.10.1016/j.precamres.2010.07.011.

16. *Ramo O.T., Manttari I., Vaasjoki M., Upton B.G.J., Sviridenko L.P.* Age and significance of Mesoproterozoic CFB magmatism, Lake Ladoga region, NW Russia // Geol. Soc. of Amer. Abstract with Programs. 2001. V. 33, No 6. P. A-139.
17. *Stepanova A.V., Salnikova E.B., Samsonov A.V., Egorova S.V., Larionova Y.O., Stepanov V.S.* The 2.31Ga mafic dykes in the Karelian craton, eastern Fennoscandian shield: U-Pb age, source characteristics and implications for continental break-up processes // Precambrian Res. 2015. V. 259. P. 43–57. DOI: 10.10.16/j.precamres.2014.10.002.
18. *Stepanova A.V., Samsonov A.V., Salnikova E.B., Puchtel I.S., Larionova Y.O., Larionov A.N., Stepanov V.S., Shapovalov Y.B., Egorova S.V.* Palaeoproterozoic continental MORB-type tholeiites in the Karelian Craton: Petrology, geochronology, and tectonic setting // J. Petrol. 2014. T. 55, № 9. C. 1719–1751. DOI: 10.1093/petrology/egu039.
19. *Vuollo J., Huhma H.* Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland / M. Lehtinen, P.A. Nurmi, O.T. Ramo (Eds.) // Precambrian Geology of Finland - Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Amsterdam: Elsevier B.V. 2005. P. 195–236.

REFERENCES

1. *Bayanova T.B., Ludden J., Mitrofanov F.P.* Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications. London: Geological Society, Special Publication 323. 2009. P. 165–198. DOI: 10.1144/SP323.8.
2. *Bayanova T.B., Pozhilenko V.I., Smolkin V.F. et al.* Catalogue of geochronological data on the northeastern Baltic Shield. Geology of ore provinces in the Murmansk Region. Apatity: KSC, RAS, 2002. 53 p. (in Russian).
3. *Bogdanov Yu.B.* (Chief Editor). State geological map of the Russian Federation. 1 : 1000 000. Sheet P – 35 – 37 – Petrozavodsk. Explanatory note. SPb: VSEGEI, 2000. 322 p. (in Russian).
4. *Ernst R.E.* Large Igneous Provinces. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 2014. 653 p.
5. *Gusev G.S., Golovin A.A., Krinochkin L.A., Sirotkina O.N.* Mineralogenic potential of Russia's mineral resources. Issue 1. East European-Barents megaprovince. M.: Geos, 2008. P. 29–69 (in Russian).
6. *Holtta P.* (ed.) The Archean of the Karelia Province in Finland. GSF. Special paper, 54, 2012. 253 p.
7. Kostomuksha Ore Province: geology, deep structure and mineral genesis / V.Ya. Gorkovets & N.V. Sharov, Executive Editors. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015. 322 p. (in Russian).
8. *Kozhevnikov V.N., Berezhnaya N.G., Presnyakov S.L. et al.* Geochronology of zircon (SHRIMP-II) from Archean stratotectonic associations in the greenstone belts of the Karelian Craton: role in stratigraphic and geodynamic reconstructions. Stratigraphy. Geological correlation. 2006. V. 14, No 3. P. 19–41 (in Russian).
9. *Kulikov V.S., Bychkova Ya.V., Kulikova V.V., Ernst R.* The Vetreny Poyas (Vetreny Belt) A essential component of the ca. 2,5–2,4 Ga Sumian large igneous province. Precambrian Research. 2010. V. 183. P. 589–601. DOI: 15.10.1016/j.precamres. 2010.07.011.
10. *Kulikov V.S., Svetov S.A., Slabunov A.I., Kulikova V.V., Gorkovets V.Ya., Polin A.K., Golube A.I., Gogolev M.A.* 1 : 750 000 scale geological map of Southeastern Fennoscandia: New approaches to map compilation. Proceedings of KarRC, RAS. 2017. No 2. P. 3–41 (in Russian). DOI: 10.17076/geo444.
11. *Kulikov V.S., Kuznetsova E.V., Kulikova V.V., Polin A.K.* Geological diversity of nature reserves and national parks in SE Fennoscandia. All-Russian Scientific-Practical Conference. Scientific studies in Russia's nature reserves and national parks. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. P. 128 (in Russian).
12. *Larin A.M.* Rapakivi granites and related rocks. St. Petersburg: Nauka, 2011. 402 p.

13. Paleoproterozoic Onega structure: geology, tectonics, deep structure and mineral genesis / L.V. Glushanin, N.V. Sharov, V.V. Shchiptsov, Executive Editors. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2011. 431 p. (in Russian).
14. *Ramo O.T., Manttari I., Vaasjoki M., Upton B.G.J., Sviridenko L.P.* Age and significance of Mesoproterozoic CFB magmatism, Lake Ladoga region, NW Russia. Geol. Soc. of Amer. Abstract with Programs. 2001. V. 33, No 6. P. A-139.
15. *Slabunov A.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Bibikova E.V. et al.* The Archean of the Baltic Shield: geology, geochronology and geodynamic settings. Geotektonika. 2006. No 6. P. 1–29 (in Russian).
16. *Stepanova A.V., Salnikova E.B., Samsonov A.V., Egorova S.V., Larionova Y.O., Stepanov V.S.* The 2.31Ga mafic dykes in the Karelian craton, eastern Fennoscandian shield: U-Pb age, source characteristics and implications for continental break-up processes. Precambrian Res. 2015. V. 259. P. 43–57. DOI: 10.10.16/j.precamres.2014.10.002.
17. *Stepanova A.V., Samsonov A.V., Salnikova E.B., Puchtel I.S., Larionova Y.O., Larionov A.N., Stepanov V.S., Shapovalov Y.B., Egorova S.V.* Palaeoproterozoic continental MORB-type tholeiites in the Karelian Craton: Petrology, geochronology, and tectonic setting. J. Petrol. 2014. T. 55, No 9. C. 1719–1751. DOI: 10.1093/petrology/egu039.
18. *Svetov S.A.* Archean magmatic systems in the ocean-continent transition zone in the eastern Fennoscandian Shield. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. 230 p. (in Russian).
19. *Vuollo J., Huhma H.* Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland / M. Lehtinen, P.A. Nurmi, O.T. Ramo (Eds.). Precambrian Geology of Finland - Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Amsterdam: Elsevier B.V., 2005. P. 195–236.

УДК 504.54

**Дмитриев В.В.[1], Огурцов А.Н.[2], Русаков А.В.[3],
Машкин Ю.Л.[4], Петров И.М.[5]**

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА УЧАСТКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ ПОЛИГОНА ТБО ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА

АННОТАЦИЯ

Загрязнение почвы, вызванное захоронением твердых бытовых отходов (ТБО), вызывает обеспокоенность во многих странах, поскольку значительное количество отходов все еще утилизируется на полигонах. Многие исследования показали, что в основной перечень загрязнителей почвы от полигонов входят тяжелые металлы. Поэтому важной экологической проблемой, связанной с местами захоронения твердых бытовых отходов, является загрязнение почвы тяжелыми металлами.

Целью исследования являлись анализ и оценка состояния окружающей среды при решении инженерно-экологических задач на участке проектирования второй очереди полигона твердых бытовых отходов г. Великого Новгорода. В состав задач входило изучение загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами (ТМ). В контур исследования загрязнения почв была включена площадка, выделенная для размещения второй очереди полигона ТБО и прилегающие к ней лесные кварталы Новгородского лесничества.

Проанализированные данные были интегрированы в среду Surfer для построения интерполяционных моделей. На интерполяционных моделях проведен анализ особенностей пространственного распределения ТМ.

Проведенные исследования не выявили заметного влияния действующей свалки на уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Особенностью пространственного распределения ТМ являлись их низкие значения Кс (Кс < 1) или значения Кс, близкие к фоновым (Кс = 1). Лишь на отдельном участке в северной части полигона отмечается накопление Cd. Ареал накопления кадмия совпадает с локальным понижением в этой части полигона. Здесь фоновые значения превышены в 1,5–2 раза. В группу с наиболее низкими концентрациями (Кс < 0,5) входят Pbи Co.

Полученные результаты будут использованы для оценки устойчивости почв к загрязнению ТМ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полигон ТБО, загрязнение почвы, тяжелые металлы, коэффициенты концентраций, оценка, ГИС.

---

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail:* **vasiliy-dmitriev@rambler.ru**

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail:* **aogurcov@yandex.ru**

[3] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail:* **a.rusakov@spbu.ru**

[4] Центр экологического проектирования, инжиниринга и инноваций (ООО «ЦЭПИИ»), Малоохтинский пр-т, д. 68, 195112, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **eco@cepii.ru**

[5] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail:* **ilyalovesalo@gmail.com**

Vasiliy V. Dmitriev[1], Alexander N. Ogurtsov[2], Aleksey V. Rusakov[3], Yuri L. Mashkin[4], Ilya M. Petrov[5]

FEATURES OF THE SPATIAL STRUCTURE OF SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS AT THE SITE DESIGN OF THE SECOND STAGE OF MSW LANDFILL OF GREAT NOVGOROD'S

ABSTRACT

Soil contamination caused by municipal solid waste (MSW) landfills has been a concern in many countries since a significant amount of waste is still disposed of in landfills. Many studies have shown that the main list of soil pollutants from landfills include heavy metals. Therefore, important environmental problem associated with the disposal sites of municipal solid waste is soil contamination with heavy metals.

The aim of the study was to analyze and assess the state of the environment when solving engineering and environmental problems at the site of designing the second stage of the municipal solid waste in Great Novgorod. The tasks included studying the contamination of the soil cover with heavy metals (HM). In the contour of soil contamination research, a site was allocated for placing the second stage of the solid domestic waste landfill and adjacent forest districts of the Novgorod forestry.

The analyzed data were integrated into Surfer environment to construct interpolation models. On interpolation models the analysis of features of spatial distribution of HM was carried out.

The conducted studies did not reveal a significant effect of the existing landfill on the level of soil contamination with heavy metals. A feature of the spatial distribution of TMs was their low values of Kc (Kc < 1) or the values of Kc near to the background values (Kc = 1). Only in a separate section in the northern part of the test site is the accumulation of Cd. The area of cadmium accumulation coincides with the local decrease in this part of the polygon. Here background values are exceeded by 1.5–2 times. The group with the lowest concentrations (Kc < 0.5) includes Pband Co.

The results obtained will be used to assess the stability of soils to contaminate HM.

KEYWORDS: landfill, soil contamination, heavy metals, concentration coefficients, assessment, GIS.

ВВЕДЕНИЕ

В сфере управления муниципальными твердыми отходами (ТБО), наряду с поиском эффективных способов переработки ТБО, остро стоят вопросы по утилизации бытового мусора. Как указано в работе [Cuartasetal., 2018], значительное количество отходов в странах Европейского Союза (ЕС) и США все еще утилизируется на полигонах. На территории Российской

[1] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, *e-mail:* **vasiliy-dmitriev@rambler.ru**

[2] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, *e-mail:* **aogurcov@yandex.ru**

[3] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, *e-mail:* **aogurcov@yandex.ru**

[4] Center for environmental design, engineering and innovations Ltd. ("CEDEI" Ltd.), Malokhtinsky avenue 68, 195112, St. Petersburg, Russia, *e-mail:* **eco@cepii.ru**.

[5] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, *e-mail:* **ilyalovesalo@gmail.com**

Федерации также основным способом утилизации ТБО было и остается в настоящее время их захоронение на полигонах (свалках). В связи с ростом населения и увеличением объемов накопления ТБО мощностей существующих полигонов зачастую не хватает. В связи с этим во многих регионах остро стоит задача по выбору и обоснованию местоположения площадок складирования с учетом экологического состояния и устойчивости отчуждаемых земель. В частности, к настоящему времени исчерпаны мощности полигона ТБО Великого Новгорода (первая очередь). По данным управления Росприроднадзора по Новгородской области превышение технико-экономических показателей этого техногенного объекта составляет: по площади участка складирования ТБО – 12,6 %, по вместимости полигона – 21 %, и по максимальной высоте складирования ТБО – 11 %. Это обусловило проведение работ по проектированию строительства второй очереди полигона. Обязательным условием на всех этапах строительства и иной хозяйственной деятельности согласно СНиП 11-02-96 и СП 11-102-97, является проведение инженерно-экологических изысканий и научно-исследовательских работ (НИР) для оценки современной экологической обстановки на территории строительства и получение прогноза возможных изменений окружающей природной среды.

Целью проведенной НИР являлись анализ и оценка состояния окружающей среды при решении инженерно-экологических задач на участке проектирования второй очереди полигона твердых бытовых отходов Великого Новгорода. В одну из задач НИР входило изучение загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами (ТМ). В контур исследования загрязнения почв площадью 16 га была включена площадка, выделенная для размещения второй очереди полигона ТБО, и прилегающие к ней лесные кварталы Новгородского лесничества.

Данная территория примыкает к северной периферии функционирующей площадки первой очереди полигона ТБО, она прошла инженерную подготовку в процессе организации полигона во второй половине 1980-х гг. Это нашло свое отражение в структуре и в составе растительности, которая представлена, в основном, порослью мелколиственных пород (береза, осина, ольха) с включением ели. Контраст растительного покрова полигона с растительностью прилегающих лесных кварталов хорошо прослеживается на космическом снимке (рис. 1).

Рис. 1. Участок размещения площадки второй очереди полигона ТБО
Fig. 1. Site for placing the area of the second stage of the landfill

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе проведения полевого обследования территории полигона было заложено 16 почвенных разрезов с GPS-привязкой, проведено морфологическое описание почв и фотографирование почвенных профилей и ландшафтов, определено их классификационное положение. Разрезы закладывались в характерных местах, чтобы выявить: во-первых, почвенное разнообразие в пределах территории полигона; во-вторых, – состав почвообразующих пород; в-третьих, – степень антропогенной нарушенности почв (рис. 2).

Некоторые разрезы закладывались вне территории полигона, в непосредственной близости к нему (30–50 м), с целью охарактеризовать почвы коренных биогеноценозов (фоновые почвы).

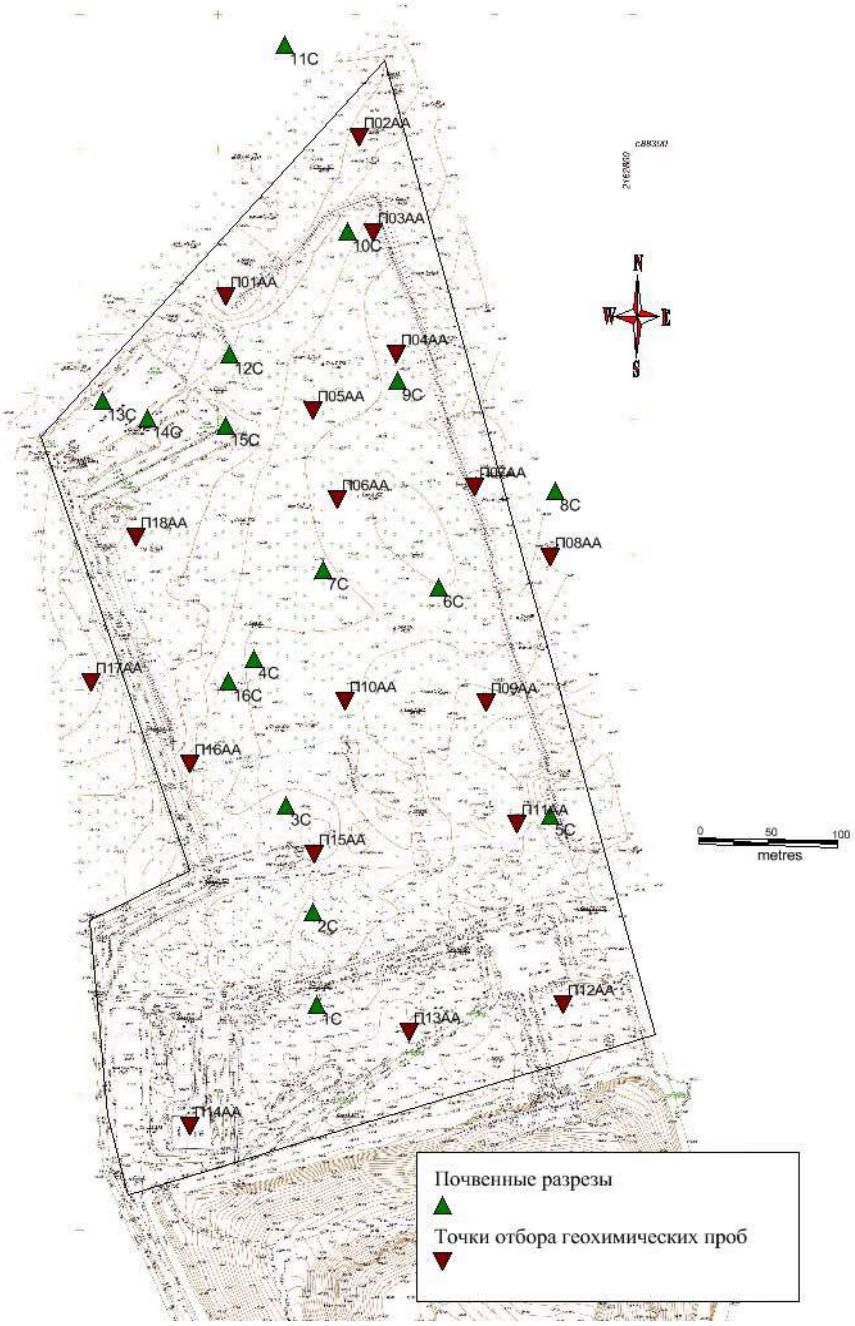


Рис. 2. Схема отбора проб почвы и почвенных разрезов
Fig. 2. Scheme of soil sampling and soil sections

Отбор проб почв для физико-химических анализов проводился компанией EcoStandard group в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 и РД 39-0147098-015-90 на наиболее типичных участках ландшафтов с однородным растительным и почвенным покровом. Пробы почв для химического анализа были отобраны из 18 точек наблюдений, равномерно распределенных по территории проектируемого полигона ТБО, две из которых расположены за пределами этого участка (см. рис. 2).

Для химического анализа отбирались объединенные пробы почво-грунтов с пробных площадок размером 5 × 5 м.

Учитывая, что пробы почв были предназначены и для определения валового содержания тяжелых металлов, отобранный керн препарировали пластмассовым шпателем. Пробы почв помещались в маркированные полиэтиленовые пакеты.

Химический анализ почвенных проб на содержание валовых форм тяжелых металлов проводился на базе лаборатории химического анализа национального исследовательского центра «Курчатовский институт» методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES), атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) «холодного пара» (Hg).

Химическое загрязнение почв оценивалось по коэффициентам концентраций ТМ (*Кс*) и суммарному показателю химического загрязнения *Zc* по формулам:

$$Кс = Ci/Сфон;$$
$$Zc = Кс_1 + ... + Кс_i + ... + Кс_n - (n-1),$$

где *Ci* – фактическое содержание элемента; *Сфон* – геохимический фон; $Кс_i$ – коэффициент концентрации *i*-го ТМ, *n* – число определяемых компонентов.

Коэффициенты концентраций отдельных загрязнителей определялись как кратность превышения содержания данного ТМ над его фоновым значением. В качестве фоновых значений принимались средние концентрации микроэлементов в почвах Северо-Запада России [Гагарина и др., 1995]. Необходимо отметить, что для Лужско-Шелонского почвенного округа, к которому относятся исследуемые почвы, характерны незначительно повышенные или близкие к фону значения концентраций микроэлементов $0{,}94 < Кс < 1{,}59$.

Анализ пространственной структуры загрязнения ТМ проводился на интерполяционных цифровых моделях программными средствами Surfer 10. Задача пространственной интерполяции коэффициентов концентраций ТМ решалась на основе метода «Kriging».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно почвенно-географическому районированию России [Добровольский, Урусевская, 2004], район исследования приурочен к северной окраине Прибалтийской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных и болотно-подзолистых почв. Провинция представляет собой равнину, покрытую толщей ледниковых и водно-ледниковых наносов, относящихся к последнему неоплейстоценовому валдайскому (осташковскому) оледенению. Поверхность характеризуется относительной молодостью и хорошей сохранностью ледниковых форм рельефа.

По почвенно-литолого-геоморфологическому районированию Северо-Запада России [Гагарина и др., 1995] обследованная территория расположена в северо-восточной части полуболотно-дерново-карбонатно-подзолистого суглинистого моренно-равнинного Лужско-Шелонского округа. Данный округ занимает юго-восточную часть Ленинградской и западную часть Новгородской области. Территория округа представляет собой водораздельную равнину, слабо понижающуюся как в сторону р. Волхов и оз. Ильмень, так и к долине р. Луга.

Почвообразующие породы в пределах изученной территории не отличаются разнообразием и представлены бескарбонатными моренными суглинками (мореной).

Моренные отложения последнего неоплейстоценового (валдайского, или осташковского) оледенения обогащены грубообломочным материалом: щебнем, валунами, дресвой и неоднородны по гранулометрическому составу. Морена, как правило, бескарбонатная, буровато-красного цвета, глыбистая, плотная, слабозавалуненная. В ряде случаев на поверхности полигона встречались довольно крупные (в диаметре до 1,0–1,5 м) валуны. В составе морен валуны и щебень состоят из гранита и его контактных разностей, обломки кристаллических пород часто сильно выветрены. По гранулометрическому составу преобладают средне- и тяжелосуглинистые разности. Повышенное содержание тонкодисперсных частиц (фракций тонкой пыли и ила) обеспечивает бескарбонатным суглинкам благоприятный питательный режим, высокую емкость поглощения. Для морен суглинистого состава характерны высокая плотность сложения (до 1,9 г/см^3) и низкая пористость (24–43 %). Водопроницаемость суглинистых морен невелика, от 13 до 90 см/сут. Отсюда вытекают неблагоприятные свойства моренных отложений как почвообразующей породы. Несортированность, большая плотность обусловливают плохую воздухо- и водопроницаемость развитых на них почв. Этот фактор, наряду с плоским рельефом, в условиях гумидного климата подзоны южной тайги определяет проявление оглеения в почвах.

Результаты полевого обследования территории полигона (табл. 1) свидетельствуют о достаточно большом разнообразии почвенного покрова. В пределах исследованного полигона выделены 7 почвенных разновидностей (рис. 3).

Такое педоразнообразие в обследованном районе обусловлено степенью естественного дренажа (глееватые и глеевые почвы), с различной мощностью органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов, а также степенью антропогенного воздействия на исходный почвенный покров.

Отдел текстурно-дифференцированных почв представлен дерново-неглубоко- и глубокоподзолистыми глееватыми почвами, сформированными на моренных суглинках. Дерново-подзолистые глееватые почвы имеют устойчивые признаки оглеения. К последним относятся ржавые пятна и прожилки в гумусово-аккумулятивном и подзолистом горизонтах. Все горизонты, несущие следы оглеения, обогащены сегрегированными в ортштейны железом и марганцем и имеют сизоватый оттенок.

В гранулометрическом составе почти всех горизонтов данных почв преобладают фракции мелкого и среднего песка; содержание пылеватых частиц и илистой фракции, как правило, меньше. Содержание ила постепенно увеличивается с глубиной, максимальное количество ила накапливается в иллювиальном горизонте BT. Почвы имеют сильнокислую реакцию (pH аккумулятивно-гумусового и гумусово-элювиального горизонтов 3,6–4,1) и невысокую (6–11 м-экв на 100 г почвы) емкость поглощения. Степень насыщенности основаниями верхних горизонтов низкая. Химические показатели заметно дифференцированы по профилю. Элювиальная часть заметно обеднена химическими элементами.

Отдел глеевых почв объединяет почвы, общей чертой профиля которых является глеевый горизонт, залегающий непосредственно под аккумулятивным органогенным или гумусовым горизонтом. Глеевый горизонт может сменяться глеевой минеральной толщей. Поверхностные аккумуляции органического вещества представлены как грубыми органогенными горизонтами, так и гумусовыми горизонтами почв. Оглеение проявляется в холодных сизых, голубых или зеленоватых тонах окраски и является результатом восстановительной мобилизации железа в условиях периодически застойного переувлажнения.

Таблица 1. Описание почвенных разрезов
Table 1. Description of soil

№ п/п	Разрез	Название почвы	Генетические горизонты*	Мощность горизонта (суммарная мощность горизонтов), см
1	1С	Артиурбистрат тяжелосуглинистый	Естественный почвенный покров отсутствует	–
2	2С	Серогумусовая глееватая маломощная тяжелосуглинистая на моренных суглинках	AYg	34
3	3С	Темногумусово-глеевая урбистратифицированная маломощная среднесуглинистая на моренных суглинках	AYg1 + AYg 2	39
4	4С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	O + AYg	16
5	5С	Темногумусово-глеевая мелкая среднесуглинистая на моренных суглинках	AYg	16
6	6С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	AYg	17
7	7С	Дерново-неглубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	AYg	18
8	8С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	O + AYg	19
9	9С	Темногумусово-глеевая мелкая среднесуглинистая на моренных суглинках	AYg	19
10	10С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая среднемелкая на моренных суглинках	O + AYg	21
11	11С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая среднемелкая на моренных суглинках	O + AYg	23
12	12С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	O + AYg	18
13	13С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	O + AYg	19
14	14С	Артиурбистрат тяжелосуглинистый	Естественный почвенный покров отсутствует	–
15	15С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	O + AYg	19
16	16С	Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках	O + AYg	20

Примечание. * Горизонты: AYg (AYg1, AYg2) – серогумусовый глееватый; O – подстилка.

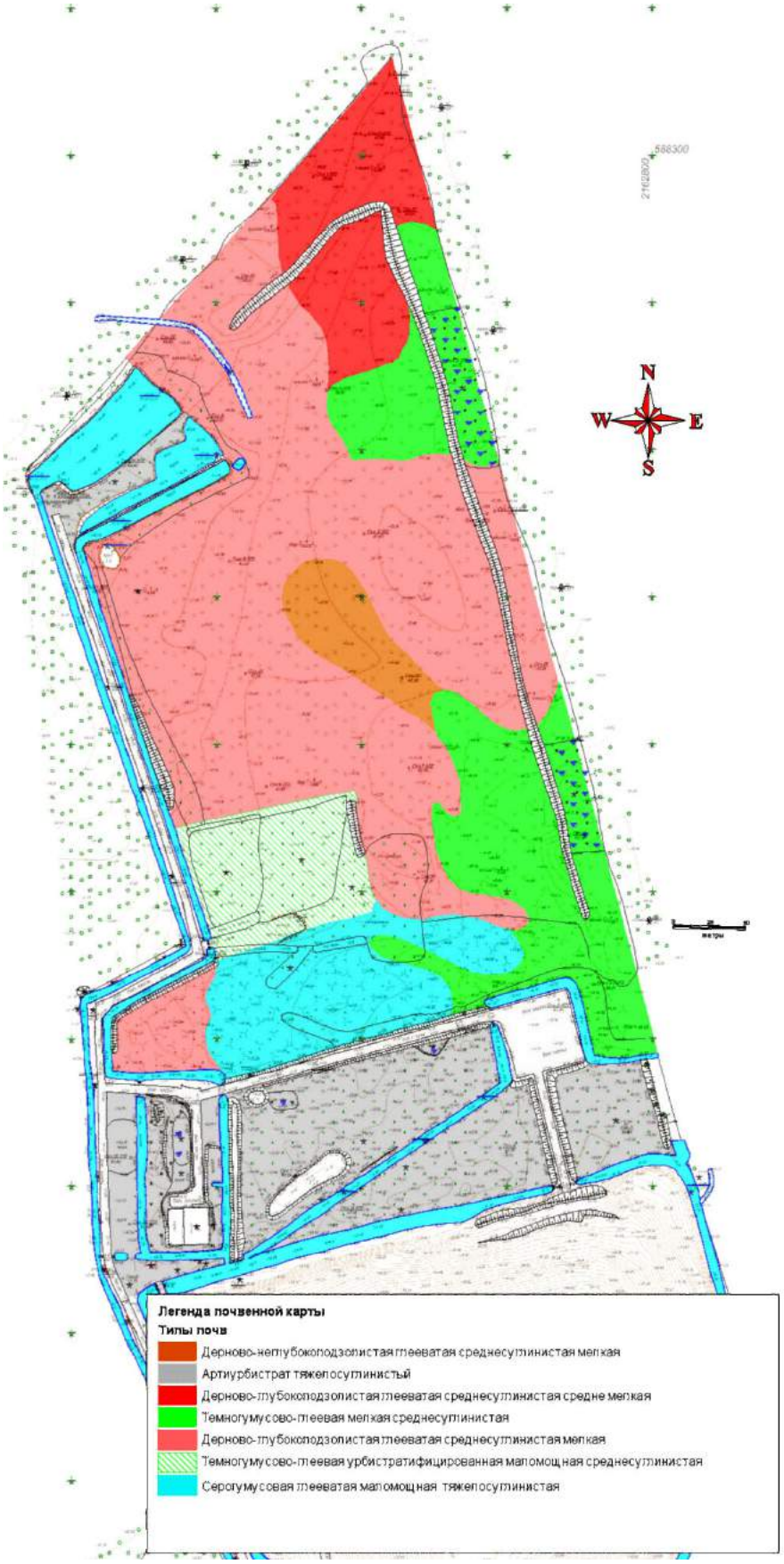


Рис. 3. Почвенный покров полигона исследования
Fig. 3. The soil cover of the study polygon

Для темногумусово-глеевых почв характерен темногумусовый горизонт, мощностью 20–50 см, который имеет темно-серый до черного цвет с сизо-стальным оттенком и творожистую, комковато-творожистую или икряную структуру. Встречаются мелкие ржавые пятна и конкреции. Иногда на поверхности присутствует маломощный слой перегнойного материала. Под темногумусовым горизонтом залегает серовато-сизый глеевый горизонт, верхняя часть которого обычно окрашена гумусом в грязно-бурые тона; горизонт часто имеет ореховато-комковатую структуру с сизо-серыми глинистыми пленками по граням структурных отдельностей. Содержание гумуса колеблется в широких пределах и может достигать 12–15 %. Соотношение фульво- и гуминовых кислот близко к 1,0 или несколько выше. Реакция среды слабокислая или нейтральная, в нижней части профиля может быть слабощелочной. Поглощающий комплекс слабо не насыщен или насыщен основаниями.

Для *темногумусово-глеевых урбистратифицированных почв*, выявленных на полигоне, характерно наличие верхнего стратифицированного горизонта, содержащего значительное количество урбо-индустриальных включений (строительно-бытовой мусор, промышленные отходы).

Почвы отдела органо-аккумулятивных почв характеризуются одним ясно выраженным органогенным или гумусовым горизонтом, постепенно сменяющимся малоизмененной почвообразующей породой. Срединный горизонт, как самостоятельное генетическое образование, не выражен: средняя часть профиля не имеет педогенной структурной организации, ясно обозначенных свидетельств суспензионного переноса, иллювиирования органоминеральных соединений, аккумуляции солей как результата миграции растворов и др.

Серогумусово-глееватые почвы объединяют группу почв с серогумусовым горизонтом, постепенно переходящим в почвообразующую породу. В пределах всего почвенного профиля присутствуют морфологические признаки оглеения в виде ржаво-охристых пятен, разводов. Гумусовый горизонт серого цвета с коричневатым или буроватым оттенком и комковатой, иногда зернисто-комковатой структурой имеет мощность не более полуметра. Профиль не дифференцирован или слабо дифференцирован по гранулометрическому и валовому химическому составам. Реакция почв кислая или слабокислая.

Техногенно-поверхностные образования (ТПО) выделяются по потенциальной способности их материала к последующему хозяйственному использованию и возобновлению почвообразования при поселении растительности. Это могут быть целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, а также остаточные продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного и/или специфического новообразованного субстрата. Все эти образования, находясь на поверхности и тем самым функционируя в экосистеме, не являются почвами в докучаевском смысле этого понятия, поскольку в них еще не сформировались генетические горизонты. В этой связи, ТПО не могут быть предметом генетической почвенной классификации.

Группа ТПО, включающая *артифабрикаты*, состоит из искусственного насыпного нетоксичного материала, промышленного и урбаногенного происхождения, залегающего на почве или (чаще всего) на специально подготовленных площадках с полностью или частично нарушенными почвами.

Артиурбистраты представляют собой бытовые отходы городских свалок. Варьирование мощности органогенных и аккумулятивно-гумусовых горизонтов осуществляется в довольно узком пределе (от 39 до 18 см). Средняя мощность органогенных (подстилка) и аккумулятивных горизонтов, составляющих плодородный слой, составляет 21 см.

Геохимическое опробование почво-грунтов на исследуемой территории и их ГИС-анализ не выявили заметного влияния на уровень загрязнения ТМ существующего полигона ТБО. Отличительной геохимической особенностью почвенного покрова являются

низкие концентрации (Кс < 1) для большинства ТМ. На уровне ниже фоновых значений находится содержание Zn, Co, Hg, Cu, Ni, Mn, Pb, As. Анализ данных табл. 2 и картограмм (рис. 4) выявил не только низкие коэффициенты концентрации этих химических элементов, но и их незначительную вариабельность по территории особенно свинца, коэффициент концентрации которого изменяется в пределах от 0,20–0,45.

Таблица 2. Коэффициенты концентрации тяжелых металлов
Table 2. Concentration coefficients of heavy metals

Индекс пробы	Коэффициенты концентрации									
	Mn	As	Cu	Zn	Cd	Cr	Pb	Ni	Hg	Co
П01АА	0,6	0,6	0,06	0,56	1,12	1,09	0,3	0,43	0,25	0,4
П02АА	0,2	0,6	0,05	0,37	0,65	1,13	0,22	0,38	0,83	0,3
П03АА	0,4	0,5	0,05	0,37	2,76	0,93	0,44	0,29	0,83	0,3
П04АА	0,1	0,6	0,03	0,22	1,35	0,82	0,23	0,26	0,25	0,1
П05АА	0,05	0,5	0,03	0,2	1,12	0,75	0,23	0,24	0,25	0,2
П06АА	0,1	0,7	0,06	0,42	0,59	1,14	0,2	0,56	0,25	0,3
П07АА	0,1	0,5	0,07	0,49	0,71	1,34	0,23	0,66	0,25	0,4
П08АА	0,1	0,7	0,07	0,27	0,47	0,9	0,45	0,43	0,92	0,2
П09АА	0,1	0,4	0,07	0,15	0,82	0,81	0,24	0,32	1,0	0,2
П10АА	0,1	0,6	0,06	0,28	0,35	0,82	0,3	0,35	0,83	0,2
П11АА	0,1	0,5	0,06	0,31	0,65	1,0	0,3	0,4	0,25	0,2
П12АА	0,1	0,7	0,07	0,29	0,47	1,22	0,27	0,45	0,25	0,3
П13АА	0,1	0,3	0,07	0,29	0,29	1,04	0,4	0,43	0,83	0,2
П14АА	0,1	0,4	0,07	0,3	0,59	1,19	0,28	0,45	0,25	0,2
П15АА	0,2	0,7	0,53	0,76	0,29	0,77	0,25	0,43	0,25	0,3
П16АА	0,1	0,4	0,17	0,53	1,24	1,41	0,37	0,57	0,83	0,3
П17АА	0,2	0,5	0,07	0,46	1	1,26	0,3	0,47	0,25	0,3
П18АА	0,3	0,7	0,08	0,51	0,88	1,28	0,39	0,54	0,25	0,4
Минимум	0,05	0,3	0,03	0,15	0,29	0,75	0,2	0,24	0,25	0,1
Максимум	0,6	0,7	0,53	0,76	2,76	1,41	0,45	0,66	1,0	0,4
Среднее	0,17	0,5	0,09	0,38	0,85	1,05	0,3	0,43	0,49	0,3

На уровне, близком к фоновому значению, находится содержание Cr. Коэффициент концентрации хрома изменяется от 0,75 до 1,41.

В то же время почвы на исследуемой территории характеризуются повышенным содержанием кадмия, на что указывают значения коэффициента концентрации. Коэффициент концентрации Cd изменяется от 0,29 до 2,76. Наибольшее содержание кадмия выявлено в северной части исследуемой территории. Здесь в дерново-глубокоподзолистой глееватой и среднесуглинистой среднемелкой почве в ареале накопления содержание кадмия превышает фоновые значения более чем в 2,5 раза. На остальной территории концентрация кадмия не превышает фонового значения или близко к нему.

Суммарный показатель химического загрязнения имеет низкие значения и не превышает числа 2,3. Такое химическое загрязнение почв по суммарному показателю на проектируемой площадке характеризуется как «допустимое» (СанПиН 2.1.7.1287-03), и приурочено к ареалу максимальных значений кадмия. Почвы с таким уровнем загрязнения используются без ограничений, исключая объекты повышенного риска.

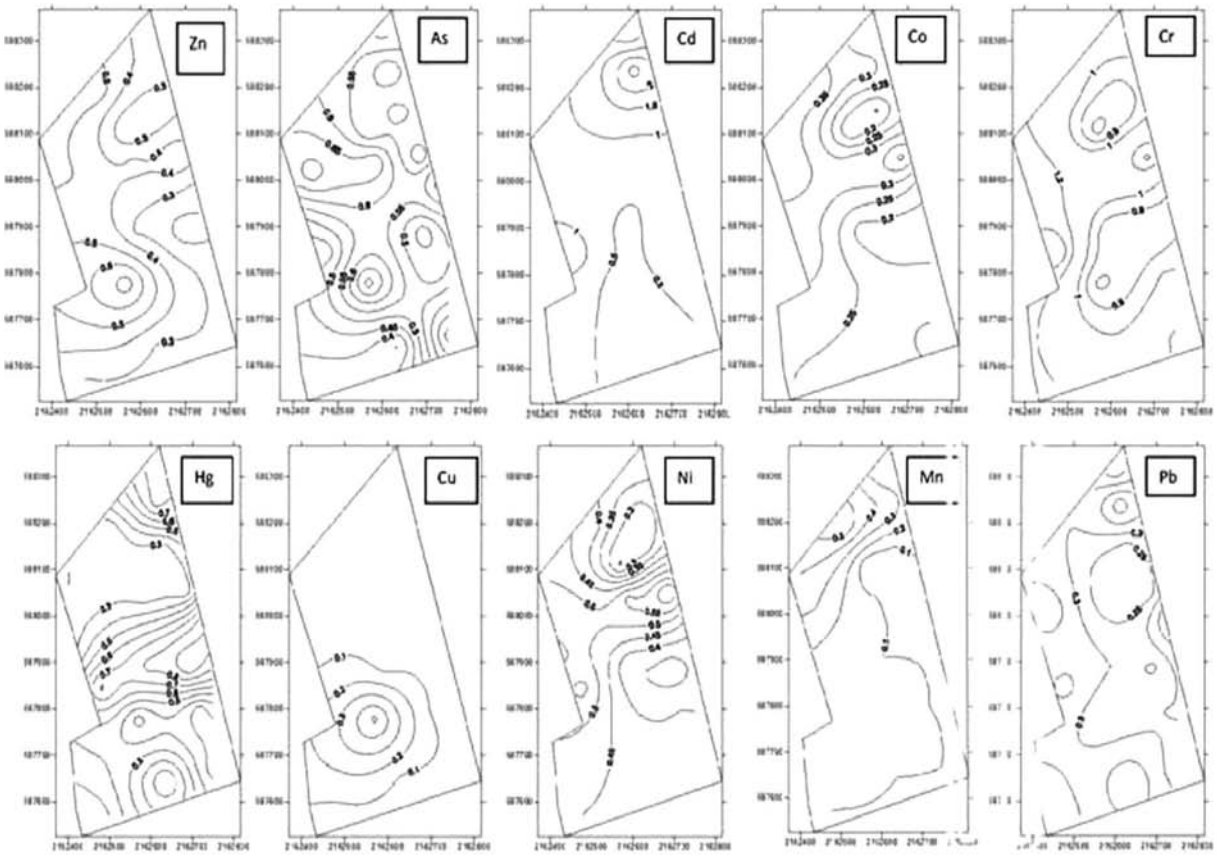


Рис. 4. Пространственное распределение коэффициентов концентраций тяжелых металлов
Fig. 4. Spatial distributions of heavy metal concentration coefficients

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования на площадке проектирования второй очереди полигона ТБО не выявили заметного влияния действующей свалки на уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Особенностью пространственного распределения ТМ являлись их низкие значения Кс (Кс < 1) или значения Кс, близкие к фоновым (Кс = 1). Лишь на отдельном участке в северной части полигона отмечается накопление Cd. Здесь фоновые значения превышены в 1,5–2,5 раза. Ареал накопления кадмия совпадает с локальным понижением в этой части полигона. В группу с наиболее низкими концентрациями (Кс < 0,5) входят Pb и Co. Полученные результаты будут использованы для оценки устойчивости почв к загрязнению ТМ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность Российскому Фонду Фундаментальных Исследований за поддержку исследований по оценке устойчивости в рамках выполнения гранта РФФИ № 16-05-00715-а, а также Институту наук о Земле СПбГУ за помощь в организации работ.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the Russian Foundation of Basic Research for supporting the studies on sustainability assessment within the framework of the RFBR grant No 16-05-00715-a, as well as to the Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University for assistance in organizing the works.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гагарина Э.И., Матинян Н.Н., Счастная Л.С., Касаткина Г.А.* Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. СПб.: Изд-во СПбГУ. 1995. 234 с.
2. *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «Колос», 2004. 460 с.
3. *Cuartas M., López A., Pérez F., Lobo A.* 2018. Analysis of landfill design variables based on scientific computing. Waste Management. 71, 287–300. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.043

REFERENCES

1. *Cuartas M., López A., Pérez F., Lobo A.* Analysis of landfill design variables based on scientific computing. Waste Management. 2018. V. 71. P. 287–300. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.043.
2. *Dobrovolsky G.V., Urusevskaya I.S.* Geography of soils. M.: Izd-vo MGU, Izd-vo "Kolos", 2004. 460 p. (in Russian).
3. *Gagarina E.I., Matinyan N.N., Schastnaya L.S., Kasatkina G.A.* Soils and soil cover of the North-West of Russia. SPb.: Izd. SPbGU, 1995. 234 p. (in Russian).

УДК: 911: 004:004.9:574:332.3 (470.345)

Замкина И.А.[1], Тесленок С.А.[2], Тесленок К.С.[3]

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛЕСНОЙ ПЛОЩАДИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты определения границ водосборных бассейнов рек Мокши и Суры в пределах Республики Мордовия средствами геоинформационных технологий, а также подсчета площадей речных бассейнов и лесов в их пределах, и единиц административного деления путем автоматизированного геоинформационно-картометрического анализа цифровой топографической карты масштаба 1 : 200 000.

Согласно полученным уточненным данным, бассейны названных рек были распределены на территории региона следующим образом: 54,1 % территории отнесены к бассейну р. Мокши, а 45,9 % – к бассейну р. Суры. В абсолютных значениях это составило, соответственно, 14 156 и 12 009 км^2.

Кроме того, получены и проанализированы уточненные данные по лесистости водосборных бассейнов рек Мокши и Суры (40,85 и 20,76 % соответственно), а также каждой административной единицы (изменяющиеся от 5,9 % для Ромодановского района до 67,7 % – для Зубово-Полянского) и республики в целом (31,6 %).

Анализ этих данных показал, что лесопокрытая площадь, полученная по картографическим материалам в результате картометрических работ, превышает официальную площадь лесного фонда как в подавляющем большинстве административных единиц (прирост изменяется от 0,9 до 13,9 %), так и в целом по республике (4,6 %).

Увеличение лесопокрытой площади может быть объяснено забрасыванием и неиспользованием земель сельскохозяйственного назначения, зарастающих в настоящее время молодым лесом. Отмеченное незначительное уменьшение площади лесов в пределах небольшой части территории связывается с вырубками леса и последствиями пожаров (преимущественно в 2010 г.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационные системы, геоинформационно-картометрический анализ, площадь, облесенность территории, речной бассейн.

[1] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевистская, 68, 430005, Саранск, Республика Мордовия, Россия, *e-mail:* **vandaeva94@mail.ru**

[2] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевистская, 68, 430005, Саранск, Республика Мордовия, Россия, *e-mail:* **teslserg@mail.ru.**

[3] Общество с ограниченной ответственностью «Сурская горно-геологическая компания», ул. Ст. Разина, д. 17а, 430011, Саранск, Республика Мордовия, Россия, *e-mail:* **kirilltesl@mail.ru**

Irina A. Zamkina[1], Sergey A. Teslenok[2], Kirill S. Teslenok[3]

EVALUATION OF THE RESULTS OF GEOINFORMATION-KARTOMETRIC ANALYSIS OF THE FOREST SQUARE OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA

ABSTRACT

The article presents the results of determining the boundaries of the Moksha and Sura catchment river basins within the Republic of Mordovia by means of geoinformation technologies, as well as counting the areas of river basins and forests within them and units of administrative division by automated geoinformation-cartographic analysis of a digital topographic map with a scale of 1 : 200,000 .

According to the received updated data, the basins of the named rivers were distributed in the region as follows: 54.1 % of the territory was assigned to the basin of the river Moksha, and 45.9 % – to the basin of the river Surah. In absolute terms this amounted to 14.156 and 12.009 km^2, respectively.

In addition, refined data on the forest cover of the Moksha and Sura river basins was obtained and analyzed (40.85 and 20.76 %, respectively) and also for each administrative unit (varying from 5.9 % for the Romodanovsky district to 67.7 % for Zubovo-Polyansky) and the republic as a whole (31.6 %).

The analysis of the obtained data showed that the forest area obtained from cartographic materials as a result of cartometric works exceeds the official forest fund area in the vast majority of administrative units (the increase varies from 0.9 to 13.9 %), and in the whole in the republic (4.6 %).

The increase in the forest area can be explained by the abandonment and non-use of agricultural land, which is now overgrown with young forest. The noted slight decrease in forest area within a small part of the territory is associated with deforestation and the consequences of fires (mainly in 2010).

KEYWORDS: geographic information systems geoinformation-cartometric analysis, area, afforestation, river basin.

ВВЕДЕНИЕ

Леса всегда играли значительную роль в жизни общества, выполняя разнообразные функции, важнейшие среди которых – функция вмещающей ландшафтной и культурно-исторической среды, под прямым влиянием, в условиях и в пределах которой шли процессы этногенеза и формирования этнокультурных особенностей многих народов, и экономическая (ресурсная, источник различной лесопродукции). Актуальной проблемой, имеющей большое значение в решении фундаментальных и прикладных проблем взаимоотношения лесных и окружающих их геосистем, является рациональное использование их компонентов в условиях интенсивного антропогенного воздействия и антропогенной трансформации геопространства [Тесленок С.А. и др., 2015б]. При этом в связи с повсеместным ухудшением геоэкологического состояния, значение лесов сильно изменилось.

[1] National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 430005, Saransk, Republic of Mordovia, Russia, *e-mail:* **vandaeva94@mail.ru**

[2] National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 430005, Saransk, Republic of Mordovia, Russia, *e-mail*: **teslserg@mail.ru**

[3] Limited Liability Company "Surskaya gorno-geologicheskaya kompaniya"; Stepana Razina str., 17A, 430011, Saransk, Republic of Mordovia, Russia, *e-mail:* **kirilltesl@mail.ru**

Сейчас они, как наиболее важные экосистемы, оказывают значительно большее влияние на все окружающие комплексы и их компоненты. Это прямое и опосредованное воздействие на климатические особенности, продуцирование кислорода атмосферного воздуха, выполнение защитных функций сельскохозяйственных ландшафтов, санитарно-гигиенические и оздоровительные функции районов комфортного проживания и рекреации населения, средообразующие и средостабилизирующие экологические функции сохранения биологического разнообразия и др. [Тесленок С.А. и др., 2015б; Chuvieco, Justice, 2004 и др.]. В целом степень влияния лесных экосистем определяется большим количеством факторов, среди которых на первом месте особенности пространственной и морфологической структуры леса, ландшафтно-географические и климатических особенности конкретной территории.

Леса выполняют важную водоохранную и водорегулирующую роль, поддерживают водный баланс территорий и качество поверхностных и подземных вод, снижают интенсивность поверхностного стока и замедляют проникновения воды в почву. Посредством задержания в бассейне реки части талых снеговых и дождевых вод возможно бассейновое регулирование речного стока. Максимальные расходы воды под влиянием лесистости уменьшаются, а минимальные, напротив, увеличиваются. С увеличением степени лесистости территории возрастает объем годового стока. Аккумулирующая способностью леса проявляется и в зимний период: лесные почвы промерзают в меньшей степени, и при снеготаянии талые воды поглощаются лесными почвами больше. Весной в лесах замедляются процессы снеготаяния, что способствует просачиванию талых вод в почву и пополнению запасов подземных вод [Меркулова и др., 2014; Бундаева, Вандаева, 2016; Тесленок и др., 2015а, б и др.]. Повышенная степень шероховатости лесных почв замедляет стекание дождевых вод и вместе с корневой системой лесной растительности увеличивает инфильтрацию, а влажная почва в меньшей степени подвергается процессам дефляции. Сведение же леса и распашка открытых участков, не занятых лесной растительностью, также напрямую влияет на уровень стока, но в противоположном направлении – происходит увеличение поверхностного стока, резкое сокращение инфильтрации талых и дождевых вод, приводящие к уменьшению питания подземных вод [Меркулова и др., 2014; Бундаева, Вандаева, 2016].

Однако разумное использование, сохранение и восстановление лесов в современных условиях становится все более сложной задачей. В Республике Мордовия, как и в других регионах страны, остро стоит проблема неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, когда происходит быстрое зарастание их значительных по площади массивов малоценными породами деревьев. При определении степени оптимальной лесистости на водосборных бассейнах необходимо учитывать не только природные, но и экономические условия, в результате чего должна быть создана научно обоснованная система лесохозяйственных мероприятий, направленных на создание высокопродуктивных и устойчивых насаждений из ценных древесных пород. Задача установления оптимальной лесистости имеет две стороны: необходимость предвидения возможных потерь в связи со снижением процента лесистости до определенного минимума и определения возможных выгод в связи с увеличением лесистости до оптимума. Необходимо знать и размеры затрат, необходимых для установления оптимальной для той или иной территории доли лесов.

В связи с этим на первое место выходят инвентаризационные задачи. Однако в настоящее время совершенно отсутствуют данные по лесистости речных бассейнов в пределах территории республики, а сведения по залесенности территорий административных районов и республики в целом не соответствуют действительности, так как были получены ранее с использованием устаревших мелкомасштабных картографических материалов

и с использованием архаичных методов картометрии. Данные, полученные в результате геоинформационно-картометрических работ с использованием ГИС-технологий, в настоящее время для территории Мордовии являются выборочными, фрагментарными и практически отсутствуют.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель данного исследования заключалась в определении границ водосборных бассейнов рек Мокши и Суры в пределах Республики Мордовия (рис. 1) средствами геоинформационных технологий, а также подсчете площадей лесов в пределах речных бассейнов и единиц административного деления путем автоматизированного геоинформационно-картометрического анализа цифровой топографической карты масштаба 1 : 200 000.

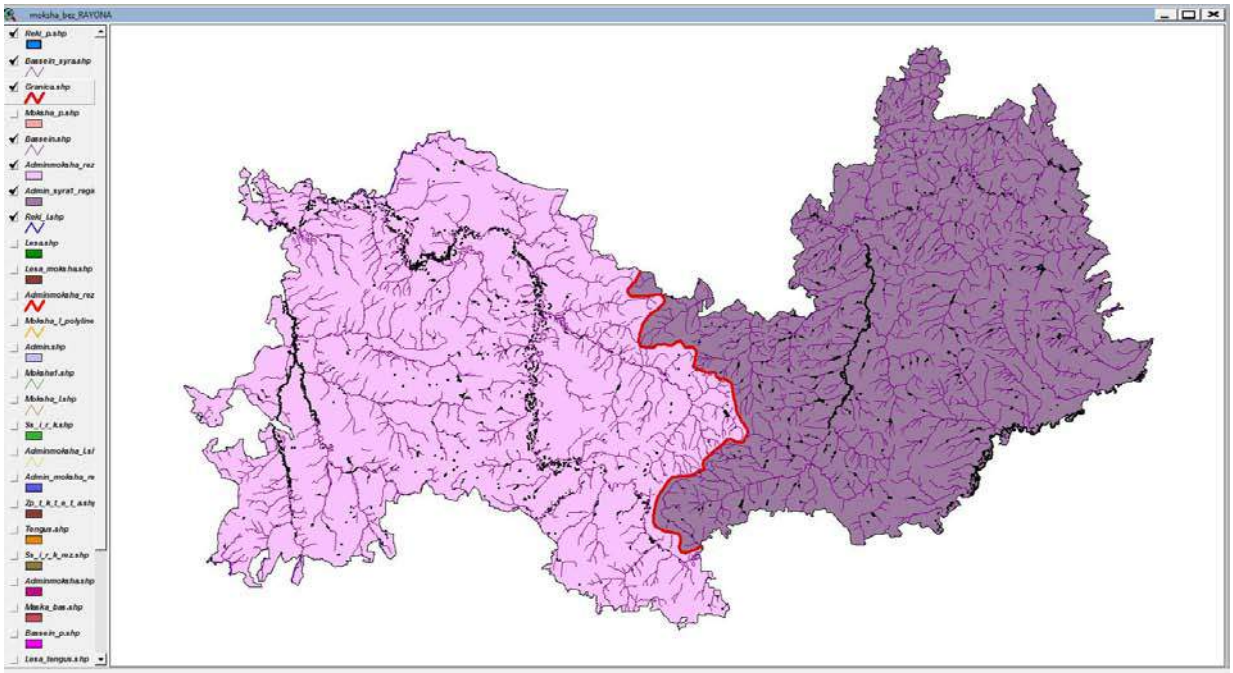


Рис. 1. Бассейны рек Мокши и Суры
Fig. 1. Moksha and Sura river basins

Состояние лесного фонда традиционно оценивается по материалам лесоустройства, имеющим продолжительный межинвентаризационный период. Использование картографических материалов в процессе выявления и мониторинга площадей земель, занятых лесными геосистемами, должно быть сопряжено с привлечением данных дистанционного зондирования Земли, аэрокосмических и геоинформационных технологий [Лурье, 2002, 2008; Justice, 2002; Chuvieco, Justice, 2004; Смирнов, 2014; Вдовин и др., 2015; Тесленок и др., 2015а, б и др.]. В таком случае возможно существенное снижение периодичности традиционного геоботанического и лесохозяйственного картирования [Тесленок и др., 2015а].

Решение поставленных задач достигалось использованием в качестве основного программного обеспечения геоинформационной системы (ГИС) ArcView GIS ESRI, в качестве дополнительного – ГИС SAS. Планета, ГИС MapInfo Professional, программный комплекс для векторизации растровых изображений EasyTrace.

В ГИС ArcView GIS предварительно было произведено формирование набора геопространственной информации специализированной базы данных для целей картографирования и осуществления геоинформационно-картометрического анализа, с опреде-

лением состава и характера локализации слоев географической основы, последующими разработкой содержания и составлением электронных тематических карт [Лурье, 2001, 2008; Шаши, Санжей, 2004; Тесленок и др., 2015а, б и др.].

Проведение картометрических работ позволило получить данные о площадях лесных ландшафтов в пределах водосборных бассейнов рек Мокши и Суры и на территориях единиц административного деления Республики Мордовия. Для расчета облесенности названных территорий были использованы соответствующие полигональные темы. С использованием возможностей дополнительного модуля расширения ArcView GIS «Геопроцессинг» (Geoprocessing) был выполнен комплекс подготовительных работ, заключавшихся, прежде всего, в определении и вырезании речных бассейнов и единиц административного деления (рис. 2), а затем – в вырезании участков лесов, находящихся в пределах границ речных бассейнов и единиц административного деления (рис. 3).

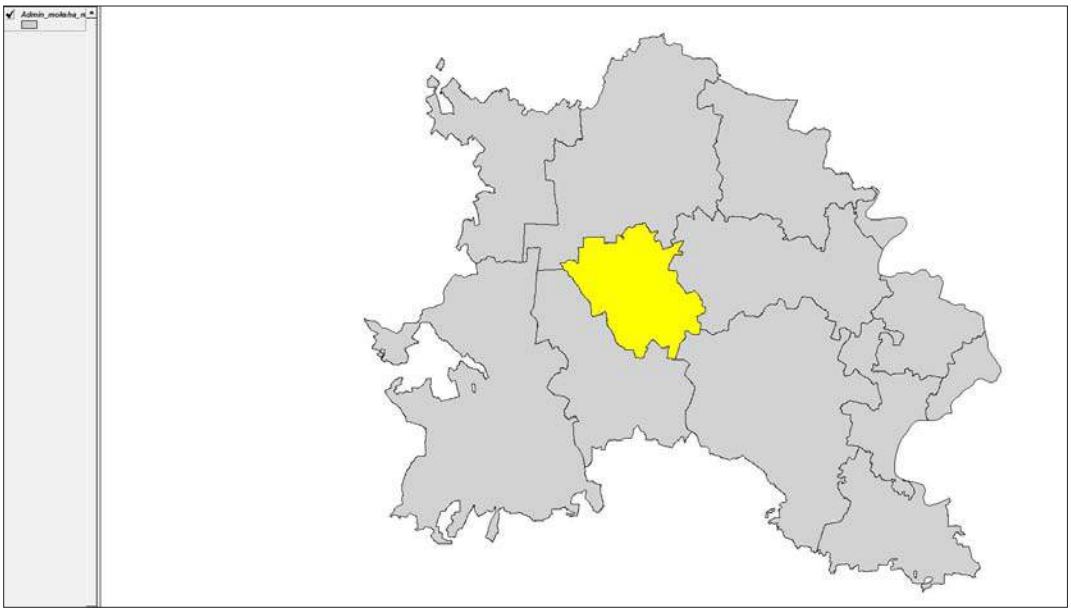


Рис. 2. Выбранный для вырезания модулем «Геопроцессинг» объект
(территория Атюрьевского района в пределах бассейна р. Мокши)
Fig. 2. The object chosen for cutting out the module "Geoprocessing"
(the territory of the Atyurievsky district within the Moksha river basin)

Затем с использованием инструмента ArcView GIS «Калькулятор поля» (Field Calculator) был произведен подсчет площади лесов в полях атрибутивной таблицы, соответствующих речным бассейнам и единицам административного деления. Данные были получены в абсолютных (в км²) величинах и в относительных (в %) значениях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вся речная сеть Республики Мордовия (в соответствии с ее строением и территориальным размещением), согласно устоявшимся представлениям, может быть разделена на две группы: реки бассейна Мокши (53 % всей площади республики в ее западной части) и реки бассейна Суры (47 % всей площади в восточной часть Мордовии) (см. рис. 1). Материалы Лесного плана Республики Мордовия [Лесной план…, 2009] указывают несколько иное соотношение доли речных бассейнов в общей площади республики: более половины рек приурочены к западной части республики и относятся к бассейну р. Мокши (55 %), восточная же часть республики относится к бассейну р. Суры (45 %).

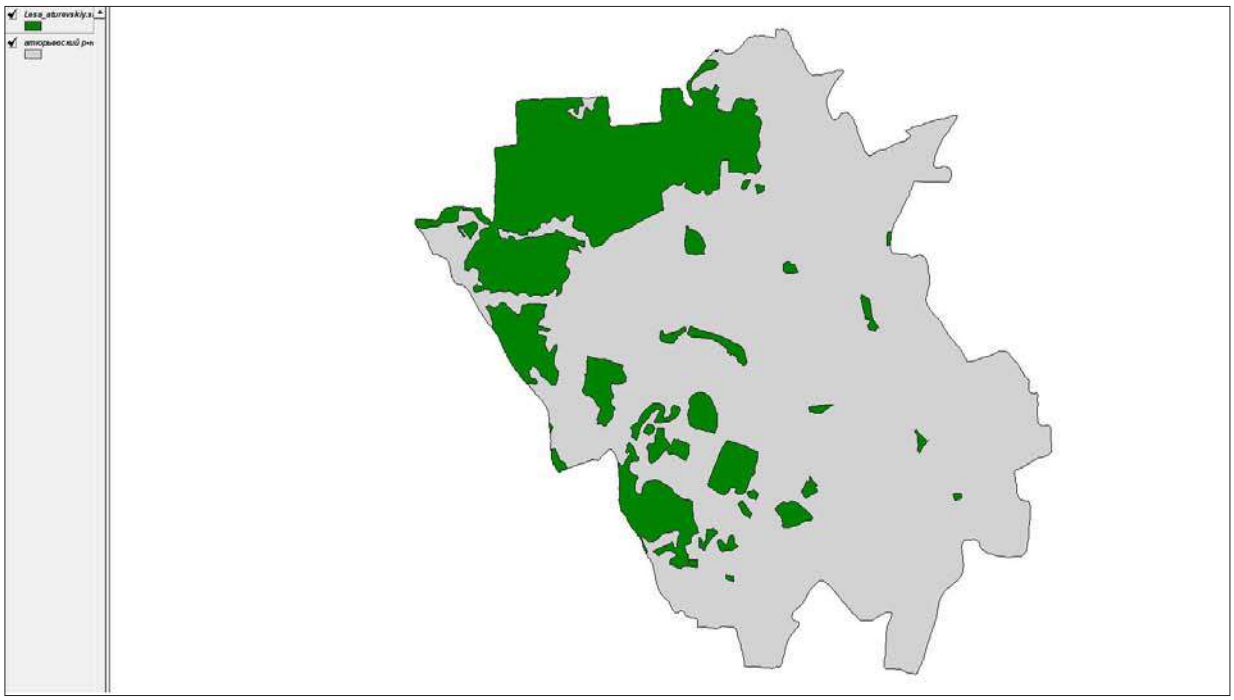


Рис. 3. Участки леса, вырезанные в пределах границы
административного района (Атюрьевский)
Fig. 3. Forest areas, cut within the boundaries of the administrative district (Atyurievsky)

Путем автоматизированной обработки цифровой топографической карты Республики Мордовия масштаба 1 : 200 000 было выполнено новое, более детальное определение границ и площади водосборных бассейнов рек Мокши и Суры. Такого рода работа с использованием цифровой топографической основы произведена впервые. Ранее традиционное определение границ бассейнов было проведено с использованием среднемасштабных карт и без привлечения возможностей геоинформационных технологий.

Согласно полученным нами уточненным данным, бассейны рек Мокши и Суры распределены на территории региона таким образом: 54,1 % территории республики относятся к бассейну р. Мокши, а 45,9 % – к бассейну р. Суры. В абсолютных значениях это составило соответственно 14 156 и 12 009 км^2 (табл. 1). Определение площади важнейших бассейнов показало, что среднее различие между справочными литературными данными и определенными по цифровой карте площадями составляет для бассейна р. Мокши 1,7 %, а для р. Суры оно достигает 2 % (см. табл. 1).

Таблица 1. Сравнение размеров площади бассейнов рек
по разных источникам данных, км^2
Table 1. Comparison of the sizes of river basins area by different data sources, км^2

Бассейны рек	**Данные**		**Δ (%)**
	литературные	**полученные на основе цифровой карты**	
Мокши	13 920	14 156	+ 236 (1,7)
Суры	12 260	12 009	– 251 (2)

Такие ошибки могут быть признаны случайными, обусловленными либо погрешностями традиционной ручной технологии обработки топографических карт, либо сглаживанием и частными нарушениями в процессе картографической генерализации истинного

рельефа при его представлении на используемой цифровой карте. Но разница в 236 км^2 и 251 км^2 для республики с размером территории 26 128 км^2 (см. табл. 1) (до 0,96 % всей ее площади) представляется нам очень существенной. Литературные источники под редакцией А.А. Ямашкина, которые для территории Республики Мордовия принято считать надежными, определяют площади бассейнов р. Мокши в 13 920 км^2, а для рек бассейна Суры – в 12 260 км^2 (см. табл. 1).

Лесной фонд, являясь природно-хозяйственным объектом федеральной собственности, лесных отношений, управления, использования и воспроизводства лесов, представляет собой совокупность лесов, лесных и нелесных земель в границах, установленных в соответствии с лесным и земельным законодательством. Леса, расположенные на землях лесного фонда Мордовии (680,8 тыс. км^2), находятся в ведении республиканского Министерства лесного и охотничьего хозяйства и природопользования [Министерство лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minleshoz.e-mordovia.ru/]. На территории республики в границах ее административных районов организованы лесничества – 9 территориальных и 36 участковых [Тесленок и др., 2015б].

Это важнейший элемент экологического каркаса, общая площадь которого по данным Лесного плана Республики Мордовия, рассчитанного на период с 1 января 2009 г. по 31 декабря 2018 г. [Лесной план, 2009], достигала 749 610 га по состоянию на 1 января 2010 г., составляя 28,6 % всей территории республики, исходя из чего она отнесена к числу малолесных субъектов Российской Федерации. Кроме того, леса по территории республики размещены неравномерно. В западной ее части лесистость достигает 46,7 %, в восточной – 19,1 %, а в центральной – 34,2 % [Тесленок и др., 2015б; Министерство лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minleshoz.e-mordovia.ru/].

В соответствии с лесорастительным районированием (приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 9 марта 2011 г. № 61 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации») леса Мордовии отнесены к хвойно-широколиственной зоне лесов хвойно-широколиственного лесного района Европейской части Российской Федерации и лесостепной зоне лесов лесостепного лесного района [Государственный доклад…, 2015; Министерство лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minleshoz.e-mordovia.ru/].

Результаты сравнения данных по лесистости административных районов и Республики Мордовия в целом, полученных нами в результате геоинформационно-картометрических работ с использованием ГИС-технологий, подтверждаются официальными данными, согласуясь с ними, и приведены в табл. 2, 3. Данные по лесистости речных бассейнов в пределах территории республики, представленные в таблицах, получены впервые.

Таблица 2. Сравнение лесистости бассейнов рек Мокши и Суры
по разным источникам данных, %
Table 2. Comparison of the forest cover of the Moksha and Sura river
basins by different data sources, %

Бассейны рек	**Данные**		**Δ**
	литературные (2010 г.)	**полученные на основе цифровой карты**	
Мокши	46,7	40,85	– 5,85
Суры	19,1	20,76	+ 1,66

Исходя из результатов, полученных с использованием возможностей ГИС ArcView GIS путем анализа цифровой карты Республики Мордовия масштаба 1 : 200 000, площадь лесов республики составляет 827 300 га, или 31,6 % всех земель Республики Мордовия (см. табл. 3). Лесистость главных водосборных бассейнов рек Мокши и Суры, согласно полученным нами уточненным данным, составила 40,85 и 20,76 % соответственно (см. табл. 2).

Кроме того, получены и проанализированы уточненные данные по лесистости каждой административной единицы (изменяющиеся от 5,9 % для Ромодановского района, до 67,7 % – для Зубово-Полянского) и республики в целом (31,6 %) и определена разница с принятыми официальными сведениями (см. табл. 3).

Анализ данной информации показал, что лесопокрытая площадь, полученная по картографическим материалам в результате картометрических работ, превышает официальную площадь лесного фонда как в подавляющем большинстве административных единиц (прирост изменяется от 0,9 до 13,9 %), так и в целом по республике (4,6 %) (см. табл. 3).

Таблица 3. Величина лесистости по административным единицам, %
Table 3. The size of the forest cover by administrative units, %

Наименование единицы административного деления	**Данные**		**Δ**
	литературные 2010 г.	**полученные на основе цифровой карты**	
Ардатовский район	25,1	29,1	+ 4,0
Атюрьевский район	21,6	22,5	+ 0,9
Атяшевский район	7,9	11,4	+ 3,5
Большеберезниковский район	22,3	25,7	+ 3,4
Большеигнатовский район	25,4	35,1	+ 9,7
Дубенский район	26,1	27,8	+ 1,7
Ельниковский район	30,9	35,6	+ 4,7
Зубово-Полянский район	62,7	67,6	+ 4,9
Инсарский район	16,7	16,06	– 0,64
Ичалковский район	29,8	28,4	– 1,4
Кадошкинский район	30,2	32,2	+ 2,0
Ковылкинский район	18,0	21,6	+ 3,6
Кочкуровский район	27,6	31,7	+ 4,1
Краснослободский район	21,2	26,02	+ 4,82
Лямбирский район	8,7	12,2	+ 3,5
Ромодановский район	4,1	5,9	+1,8
Рузаевский район	13,1	16,0	+2,9
Старошайговский район	21,2	22,2	+ 1,0
Темниковский район	43,6	57,5	+ 13,9
Теньгушевский район	43,9	57,4	+ 13,5
Торбеевский район	21,1	24,4	+ 3,3
Чамзинский район	20,8	20,5	– 0,3
городской округ Саранск	6,7		
Всего по республике	27,0	31,6	+ 4,6

ВЫВОДЫ

Данные по лесистости административных районов и Республики Мордовия в целом, полученные в результате геоинформационно-картометрического анализа цифровой картографической основы масштаба 1 : 200 000, в целом согласуются с официальными

данными, отличаясь при этом преимущественно в большую сторону (для 19 административных единиц из 23, или 83 %). Из этого числа также для подавляющего большинства административных единиц (17 из 23, или 74 %) эти отличия изменяются в пределах от + 0,9 до + 9,7 %, (за исключением Теньгушевского и Темниковского районов с показателями прироста лесистости в + 13,5 и + 13,9 % соответственно). Для показателей лесистости территорий трех районов – Чамзинского, Инсарского и Ичалковского эта разница составляет – 0,3; – 0,64 и – 1, 4 % соответственно (см. табл. 3).

Увеличение лесопокрытой площади может быть объяснено забрасыванием и неиспользованием земель сельскохозяйственного назначения, зарастающих в настоящее время молодым лесом. Отмеченное незначительное уменьшение площади лесов в пределах небольшой части территории связывается с вырубками леса и последствиями пожаров (преимущественно в 2010 г.).

Полученные в результате исследования материалы являются надежной геоинформационно-картографической основой для принятия управленческих решений в сфере лесного хозяйства и лесопользования, организации и ведения мониторинга, направленных, в конечном счете, на решение проблемы оптимизации регионального природопользования [Тесленок и др., 2015а, б].

Лесные экосистемы являются главным регулятором гидрологического режима. По нашему мнению, одним из наиболее эффективных способов управления гидрологическим режимом рек в пределах Республики Мордовия (к тому же с пролонгированным по времени периодом действия) может быть признано увеличение лесистости водосборных бассейнов рек, так как показатели годового стока с однородными условиями в пределах всего водосбора находятся в прямой зависимости от лесистости бассейнов. Единственным отрицательным моментом при этом является только длительный срок практической реализации этого мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бундаева Е.А., Вандаева (Замкина) И.А.* Динамика внутригодового стока рек Республики Мордовия // Научные труды SWorld. 2016. Т. 11, № 1 (3). С. 81–84.
2. *Вандаева (Замкина) И.А., Тесленок С.А.* Подготовка геоинформационно-картографических материалов в целях управления лесными ресурсами (на примере территории Республики Мордовия) // Научный альманах (Науки о Земле). 2017. № 3–3 (29). С. 442–446. DOI: 10.17117/na.2017.03.03.442 .
3. *Вдовин Е.С., Каверин А.В., Стволкова Е.Н.* Сравнительная оценка лесистости на территориях республик Мордовия и Марий-Эл по результатам классификации спутниковых снимков LANDSAT // ИнтерКарто/ИнтерГИС-21. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: материалы Междунар. науч. конф. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2015. С. 433–439.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Мордовия в 2014 году. Саранск, 2015. 196 с.
5. Лесной план Республики Мордовия. Саранск, 2009. 297 с.
6. *Лурье И.К.* Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М.: КДУ, 2008. 424 с.
7. *Лурье И.К.* Основы геоинформатики и создание ГИС: учебное пособие. М.: ИНЭКС-92, 2002. 140 с.
8. *Меркулова С.В., Меркулов П.И., Белов А.А., Мартынова В.В.* Особенности формирования стока малых рек Мордовии // Научные труды SWorld. 2014. Т. 33, № 4. С. 78–82.

9. *Смирнов Л.Е.* Аэрокосмические методы географических исследований. СПб.: Изд. СПбУ, 2005. 348 с.
10. *Тесленок К.С., Горелов А.В., Тесленок С.А.* Мониторинг площади земель лесных ландшафтов на основе картографической базы данных ГИС // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. докл. IX Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов. Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2015а. С. 209–211.
11. *Тесленок С.А., Тесленок К.С., Горелов А.В.* Анализ динамики лесных ландшафтов административного района средствами геоинформационных технологий // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естеств. науки. 2015б. № 4 (14). С. 68–80. DOI: 10.15688/jvolsu11.2015.4.8.
12. *Шаши Ш., Санжей Ч.* Основы пространственных баз данных. М.: Кудиц-образ, 2004. 336 с.
13. *Ямашкин А.А., Сафонов В.Н., Шутов А.М. и др.* Водные ресурсы Республики Мордовия и геоэкологические проблемы их освоения. Саранск, 1999. 188 с.
14. *Chuvieco E., Justice C.O.* Forest Fire Prevention and Assessment. Special Edition, Remote Sensing of Environment. 2004. V. 92, issue 3. P. 295–423.
15. *Fowler P.J.* World Heritage Cultural Landscapes 1992–2002. World Heritage Papers 6. UNESCO World Heritage Center. 2003. 140 p.
16. *Justice C.O.* MODIS Science Team Meeting Land Discipline Summary, Earth Observer, 2002, September/October. V. 5 (14). P. 12–13.

REFERENCES

1. *Bundayeva E.A., Vandaeva (Zamkina) I.A.* Dynamics of intra-annual flow of rivers in the Republic of Mordovia]. Nauchnye trudy SWorld. 2016. V. 11, No 1 (3). P. 81–84 (in Russian).
2. *Chuvieco E., Justice C.O.* Forest Fire Prevention and Assessment. Special Edition, Remote Sensing of Environment, 2004. V. 92, issue 3. P. 295–423.
3. Forest plan of the Republic of Mordovia. Saransk, 2009. 297 p. (in Russian).
4. *Fowler P.J.* World Heritage Cultural Landscapes 1992–2002. World Heritage Papers 6. UNESCO World Heritage Center, 2003. 140 p.
5. State report on the state and protection of the environment in the Republic of Mordovia in 2014. Ed. V.T. Shumkin. Saransk, 2015. 196 p. (in Russian).
6. *Justice C.O.* MODIS Science Team Meeting Land Discipline Summary, Earth Observer, 2002, September/October. V. 5 (14). P. 12–13.
7. *Lur'e I.K.* Geoinformation mapping. The methods of geoinformatics and digital processing of satellite images. Moscow: KDU Publ., 2008. 424 p. (in Russian).
8. *Lur'e I.K.* Basics of Geoinformatics and GIS creation: a tutorial. Moscow, INJeKS-92 Publ., 2002. 140 p. (in Russian).
9. *Merkulova S.V., Merkulov P.I., Belov A.A., Martynova V.V.* Features of the formation of the flow of small rivers of Mordovia. Nauchnye trudy SWorld. 2014. V. 33, No 4. P. 78–82 (in Russian).
10. *Shashi Sh., Sanzhej Ch.* Fundamentals of spatial databases. Moscow, Kudic-obraz Publ., 2004. 336 p. (in Russian).
11. *Smirnov L.E.* Aerospace methods of geographical research. St. Petersburg: Izdatel'stvo SpbU Publ., 2005. 348 p. (in Russian).
12. *Teslenok K.S., Gorelov A.V., Teslenok S.A.* Monitoring of land area of forest landscapes on the basis of a map database of GIS. Environmental protection and rational use of natural resources: the collection of reports IX International scientific conference of graduate students and students. Doneck, GVUZ "DonNTU" Publ., 2015a. P. 209–211 (in Russian).

13. *Teslenok S.A., Teslenok K.S., Gorelov A.V.* Analysis of dynamics of forest landscapes of administrative district by means gis technologies. Vestn. Volgogr. gos. un-ta. Ser. 11, Yestestv. Nauki, 2015в. No 4 (14). P. 68–80 (in Russian). DOI: 10.15688/jvolsu11.2015b.4.8.
14. *Vandaeva (Zamkina) I.A., Teslenok S.A.* The preparation GIS-cartographic materials for the purposes of forest management (on example of territory of the Republic of Mordovia)]. Nauchnyj al'manah (Nauki o Zemle). 2017. V. 29. No 3–3. P. 442–446 (in Russian). DOI: 10.17117/na.2017.03.03.442.
15. *Vdovin E.S., Kaverin A.V., Stvolkova E.N.* Comparative Assessment of Forest Cover in the Republics of Mordovia and Mari El According to the Results of the LANDSAT Satelite Images Classification. InterKarto/InterGIS-21. Ustojchivoe razvitie territorij: kartografo-geoinformacionnoe obespechenie: materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Krasnodar, Kubanskij gosudarstvennyj universitet Publ., 2015. P. 433–439 (in Russian).
16. *Yamashkin A.A., Safonov V.N., Shutov A.M. and others.* Water resources of the Republic of Mordovia and geoecological problems of their development. Saransk, 1999. 188 p. (in Russian).

УДК 528.94; 581.5

Крутских Н.В.[1], Миронов В.Л.[2], Рязанцев П.А.[3]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ

АННОТАЦИЯ

На первом этапе изучения болотных массивов эффективно использование ГИС и спутниковых снимков. По мультиспектральным спутниковым снимкам анализируется пространственная структура разнообразия микроландшафтов, выявляются основные неоднородности болотных массивов. В работе рассматриваются два приозерных болота – Шуйские плавни и Равдукорби, расположенные в пределах бассейна Онежского озера. Исследуемые болота относятся к естественным пойменным. На них встречается три группы биотопов – преимущественно супераквальные, умеренно супераквальные и кратковременно супераквальные. Растительный покров болота Шуйские плавни представлен набором эвтрофных сообществ и образует несколько следующих друг за другом поясов, представленных черноольшаниками и березняками болотно-травяными, ивово-разнотравными, разнотравными, осоковыми, тростниковыми и камышовыми сообществами. Растительный покров болота Равдукорби на открытых участках болота представлен преимущественно осоково-сабельниковыми, ивово-сабельниковыми и травяно-кустарничково-сфагновыми сообществами, а на лесных участках – березняками болотно-травяными, сосняками вахтово-сфагновыми мезоевтрофными и сосново-кустарничково-сфагновыми мезоолиготрофными сообществами. В связи с тем, что оба болота примыкают к озерам с большим удельным водосбором, они испытывают регулярные подтопления в периоды половодий, что отражается как на растительности, так и на геохимических показателях. Основой для проведения дешифрирования являются данные космической съемки Landsat8.Тематическая обработка снимка включала создание растров путем вычисления спектральных индексов – NDVI, NDMI, индекс оксидов железа; температуры подстилающей поверхности. На основе анализа главных компонент проведена неконтролируемая классификация территорий болотных массивов, которая показала высокую сходимость с результатами полевых исследований. Полученная информация является базовой для дальнейшего изучения болотных массивов, построения маршрутной сети, применяемых методах исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дистанционное зондирование, болотные массивы, спектральные индексы, классификация.

[1] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, 11. 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **natkrut@gmail.com**

[2] Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, 11. 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **vict.mironoff@yandex.ru**

[3] Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, 11. 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* **chthonian@yandex.ru**

Natalya V. Krutskikh[1], Viktor L. Mironov[2], Pavel A. Ryazantsev[3]

THE USE OF GIS-TECHNOLOGIES FOR MIRE STUDIES

ABSTRACT

GIS and satellite images are efficiently used at the initial stage of mire studies. Multi-spectral satellite images are used to analyze the spatial structure of various microlandscapes and reveal the main heterogeneities of mires. Two perilacustrine mires, Shuiyskie Plavni and Ravdukorbi, located in the Onega Lake basin, are discussed in the present paper. They are considered as natural flood plain mires. Occurring on them are three groups of biotopes: dominantly superaquatic, moderately superaquatic and short-time superaquatic. The vegetation coverof Shuiskie Plavni Mire consists of eutrophic communities, forming several consecutive belts composed of bog-grass, willow-motley grass, motley grass, sedge, reed and cane black alder and birch forests. The plant cover at the open sites of Ravdukorbi Mire is dominated by sedge-marsh cinquefoil, willow-marsh cinquefoil and grass-dwarf shrub-sphagnum communities and at the forest sites by bog-grass birch stands, mesoeutrophic bogbean-sphagnum pine stands and mesooligotrophic pine-dwarf shrub-sphagnum communities. As both mires adjoin lakes with a large specific watershed, they are regularly flooded in spring. As a result, the vegetation and geochemical indices are affected. Satellite images are deciphered basically using Landsat 8 space survey data. Images were processed thematically using rasters created by calculating the spectral indices NDVI, NDMI, the iron oxide index and the underlying surface index. Non-controlled classification of mire areas, conducted by analyzing major components, showed considerable similarity to the results of field studies. The data obtained will be used to continue mire studies, to construct a trail network and to update current research methods.

KEYWORDS: remote sensing, wetland complexes, geophysical studies.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость использования комплексных подходов при изучении болотных экосистем обусловлена сложным строением болотных массивов, наличием внутри них хрупких механизмов внутреннего взаимодействия, также специфическими особенностями биогенного материала, представленного, как правило, торфом и сапропелем. В естественном залегании торф и сапропель представляют собой многокомпонентную полидисперсную систему, находящуюся в обводненном состоянии, свойства которой обладают пространственной и временной изменчивостью.

Как показывает практика, на первом этапе изучения болотных массивов эффективно использование географических информационных систем (ГИС) и спутниковых снимков [Дюкарев и др., 2008]. Так, например, по мультиспектральным спутниковым снимкам можно проанализировать пространственную структуру разнообразия микроландшафтов. Материалы, полученные по результатам обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяют выявить основные неоднородности болотных ландшафтов и обозначить направления дальнейших полевых исследований. Использование спутнико-

[1] Institute of Geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **natkrut@gmail.com**

[2] Institute of Geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **vict.mironoff@yandex.ru**

[3] Institute of Geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* **chthonian@yandex.ru**

вых снимков актуально при исследовании труднодоступных территорий и интерполяции информации со сходных изученных территорий [Ардашникова, 2015]. Имеющаяся информация о растительном покрове болот позволяет провести качественное дешифрирование данных дистанционного зондирования в пределах малоизученных и труднодоступных территорий. Результаты дешифрирования являются важными источниками информации для постановки геофизических исследований болотных массивов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются два приозерных болота – Шуйские плавни и Равдукорби, которые расположены в пределах бассейна Онежского озера. Согласно существующей классификации приозерных болот, исследуемые болота относятся к естественным пойменным, при этом на них встречается три группы биотопов – преимущественно супераквальные, умеренно супераквальные и кратковременно супераквальные [Миронов, 2012].

Болото Шуйские плавни (34.292401, 61.859677) примыкает к озеру-плесу Логмозеро с юго-западной стороны. С севера оно ограничено р. Томицей, а с востока – искусственно вырытой траншеей. Общая площадь болота составляет 75 га. Растительный покров болота представлен набором эвтрофных сообществ и образует несколько следующих друг за другом поясов, представленных черноольшаниками и березняками болотно-травяными, ивово-разнотравными, разнотравными, осоковыми, тростниковыми и камышовыми сообществами. Детальное описание этого болота представлено в работе [Миронов, 2012].

Болото Равдукорби (33.226336, 61.698463) расположено вдоль одноименного ручья и примыкает к озеру-плесу Вагатозеро в среднем течении р. Шуи. Растительный покров на открытых участках болота представлен преимущественно осоково-сабельниковыми, ивово-сабельниковыми и травяно-кустарничково-сфагновыми сообществами, а на лесных участках – березняками болотно-травяными, сосняками вахтово-сфагновыми мезоевтрофными и сосново-кустарничково-сфагновыми мезоолиготрофными сообществами. Детальное описание этого болота представлено в работе [Кутенков, Миронов, 2015]. Поскольку оба болота примыкают к озерам с большим удельным водосбором, они испытывают регулярные подтопления в периоды половодий, что отражается как на растительности, так и на геохимических показателях.

Основой для исследований являются мультиспектральная космическая съемка Landsat8 от 24 мая 2016 г. Геометрическая коррекция снимка выполнена по опорным точкам, также проведена радиометрическая калибровка снимка. Тематическая обработка снимка включала: создание растров путем вычисления спектральных индексов; анализ главных компонент; температуры подстилающей поверхности; неконтролируемая классификация. Полученные индексные изображения отражают различные отношения значений пикселей из разных спектральных каналов снимка. Применение спектральных индексов позволяет дать количественную оценку некоторых характеристик изучаемых болот.

Наиболее распространенным и часто используемым является нормализованный вегетационный индекс NDVI, показывающий, как оценивать состояние растительности и ее биомассу [Carlson, Ripley, 1997]. Этот индекс использует контраст характеристик двух каналов – поглощения пигментом хлорофилла в красном канале (Red) и высокой отражательной способности растительности в инфракрасном канале (NIR). Расчет индекса проводится по формуле:

$$NDMI = ((\mathrm{NIR} - \mathrm{Red}) / (\mathrm{NIR} + \mathrm{Red})).$$

В работе использован стандартизованный индекс увлажненности (NDMI), который чувствителен к уровню влажности в растительности [Wilson, Sader 2002; Skakunetal., 2003]. Использование этого индекса при исследовании болотных экосистем может иметь существенное значение, поскольку он позволяет выявлять как избыточно увлажненные, так и хорошо дренированные биотопы. Расчет индекса проводится по формуле:

$$NDMI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1).$$

Индекс содержания железа позволяет оценивать присутствие железа в виде окисных и гидроокисных форм. Данный индекс представляет собой отношение яркости в красном и синем диапазонах [Segal, 1982]. Использование данного индекса может иметь значение при оценке экологических условий в разных биотопах и при анализе встречаемости видов с разной устойчивостью к железу.

Космические снимки в тепловом инфракрасном диапазоне отражают излучение объектов поверхности. При этом растительный покров, в зависимости от видового состава, состояния, проективного покрытия и других свойств может характеризоваться различными тепловыми и излучательными свойствами [Грищенко, Буторина, 2017]. На тепловых снимках растительность хорошо дешифрируется в период активной вегетации, когда в связи с испарением влаги с поверхности листьев интенсивность теплового излучения понижается. Данные тепловых каналов мультиспектральных снимков Landsat (Band10 и 11) могут быть преобразованы из спектрального излучения в яркость, которая является эффективной температурой [Landsat…]. Формула преобразования следующая:

$$T = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1)},$$

где:
T – температура яркости, в Кельвинах;
L_λ – спектральное излучение (Watts / (m ^{2} * sr * μm));
K_1 – константа термического преобразования для диапазона (K1_CONSTANT_BAND_n из метаданных);
K_2 – константа термического преобразования для диапазона (K2_CONSTANT_BAND_n из метаданных).

На основании результатов анализа главных компонент проведена неконтролируемая классификация методом Isodata. Согласно данному методу, основанному на кластерном анализе, к одному классу относятся пиксели, значения яркости которых наиболее близки в пространстве спектральных признаков. Преимуществами алгоритмов неконтролируемой классификации являются необязательное условие наличия информации о свойствах дешифрируемой местности, меньшая зависимость от человеческого фактора, создание уникальных классов [Зубков, Скрипачев, 2007].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

– По результатам полевых наблюдений в пределах болота Равдукорби выделены следующие сообщества:

– *Осоково-сабельниковые и ивово-сабельниковые* сообщества расположены вдоль ручья. Данные сообщества соответствуют группе умеренно супераквальных болотных биотопов, их подтопление происходит ежегодно даже при незначительных весенних паводках. В основном к данной группе относятся различные комбинации сообществ с доминированием *Comarumpalustre*: от ивово-сабельниковых до осоково-сабельниковых. Проективное

покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 80–100 %. Моховой покров отсутствует, за исключением единичных подушек *Sphagnum fimbriatum* и рассеянно встречающихся *S. squarrosum, Drepanocladus aduncus*. Мощность торфяной залежи составляет 100–120 см. Торфа низинные, со значительной примесью минеральных частиц, сильно уплотненные. Они соответствуют пойменным болотным почвам низинного подтипа, в которых регулярно отмечаются признаки гидрогенной аккумуляции железа. Их образование протекает при одновременном участии болотного и аллювиального почвообразовательного процессов.

– *Травяно-кустарничково-сфагновые сообщества* с редким древостоем березы развиты преимущественно по правому берегу р. Равдукорби, где образуют четко выраженную полосу вслед заивово-травяными сообществами. Отмечается существенное развитие сфагнового покрова, занимающего от 20 (отдельные подушки) до 80 % (сплошной ковер) площади участков. Отмечается редкий древостой и обилие кустарничков. Сообщества соответствуют группе кратковременно супераквальных биотопов. Мощность торфяных отложений под данными сообществами составляет 110–120 см.

– *Березняки болотно-травяные* образуют лесные бордюры шириной до 50 м вдоль открытого участка. В древостое доминирует береза пушистая, имеется примесь ольхи черной, реже ивы козьей и сосны. Сомкнутость древостоя варьирует от 0,8 до 0,9, высота – от 10 до 16 м. Травяно-кустарничковый ярус достаточно густой – 40–75 %. Моховой ярус прерывистый, общее проективное покрытие составляет 40–60 %. Мощность торфяной залежи аналогична приведенным выше участкам.

– *Сосняки вахтово-сфагновые.* Древостои смешанные, формула древостоя 6С2Б2Олч+Е. Участие ели увеличивается к минеральному берегу. Сомкнутость крон варьирует от 0,5 до 0,8. Высота сосны и березы составляет 16–20 м, ольхи черной – 14–16 м. В подросте обильно встречается ольха, обычно ель, сосна, береза, реже – ива пепельная, рябина, крушина. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет от 25 до 50 %. Редкая встречаемость в таких сообществах *Sphagnum warnstorfii*, что указывает на обедненный водноминеральный режим.

– *Сосново-кустарничково-сфагновые мезоолиготрофные сообщества*. Сомкнутость древостоев 0,3, снижаясь до 0,1 к центру участка. Высота также снижается с 12 до 6 м. В древостое полностью отсутствует ольха черная. Береза и ель присутствуют в качестве примеси. В центре участка древостой образован только низкой разреженной сосной. В растительном покрове преобладают виды верховых болот. Травяно-кустарничковый ярус имеет сомкнутость 40–50. Сфагновый покров сплошной, сложен олиготрофным *Sphagnum angustifolium* с примесью *S. magellanicum* и *S. russowii*, минеротрофные виды мхов полностью отсутствуют, лесные мезофиты встречаются в небольшом количестве по повышениям микрорельефа. Таким образом, растительный покров данного участка свидетельствует о его прогрессирующей олиготрофизации.

В пределах болота Шуйские плавни выделены следующие сообщества:

– *Черноольшаники болотно-травяные*. В древесном ярусе преобладает *Alnus glutinosa*, реже встречается *Betula pubescens*. Общая сомкнутость древесного яруса 50 %. На невысоких приствольных кочках, которые возвышаются над уровнем воды на 10–20 см, представлены сфагновые (*Sphagnum centrale, S. teres, S. squarrosum*) и зеленые мхи (*Pleurozium schreberi, Dicranum scoparium, Aulacomnium palustre*), а также лесные и болотные кустарники и травы. В топких межкочьях встречаются виды гипновых мхов, *Equisetum fluviatile* и *Carex rostrata*; несколько раз был встречен краснокнижный вид *Malaxis monophyllos*.

– *Березняки болотно-травяные*. Ширина полосы варьирует от 30 до 80 м. Диаметр стволов березы – 4–8 см, высота – 6–9 м, сомкнутость крон – в среднем 10–15 %; встречаются единичные особи *Alnusglutinosa*. Жизненность большинства экземпляров

Betula pubescens сильно ослаблена, примерно 20–25 % особей составляет сухостой. Возобновление происходит преимущественно за счет формирования поросли. Имеются отдельные экземпляры *Salix phylicifolia* и *S. pentandra*. В травяном ярусе преобладают *Equisetum fluviatile, Menyanthes trifoliata, Comarum palustre и Calamagrostis canescens*. УГВ находится на 10 см выше торфяной залежи.

– *Ивово-разнотравные сообщества*. Ширина полосы с этими сообществами составляет от 30 до 80 м. Деревья представлены низкими (2–4 м), преимущественно усохшими экземплярами *Betula pubescens*, диаметр ствола 3–5 см, сомкнутость – 2–3 %; кустарники представлены ивами *Salix phylicifolia, S. lapponum, S. rosmarinifolia*. УГВ у ивово-осоково-вейниковых сообществ примерно совпадает с поверхностью торфа, а у ивово-травяных залегает на 5 см выше поверхности залежи.

– *Разнотравные и осоковые сообщества*. Занимают центральную часть болота, ширина полосы этих сообществ составляет около 500 м. Среди них встречаются сообщества Menyanthes trifoliata + Carex chordorhiza, Carex diandra + Comarum palustre, Carex lasiocarpa + Equisetum fluviatile, Carex acuta + Comarum palustre, Carex aquatilis – Warnstorfia fluitans, Carex rostrata + Equisetum fluviatile. УГВ варьирует от 0 до 30 см над поверхностью торфа. На поверхности воды в сообществе Carex acuta + Comarum palustre был найден красно-книжный вид печеночника *Ricciocarpos fluitans*.

– *Тростниковые сообщества*. Сообщества Phragmites australis – Carex rostrata образуют густые заросли. Сомкнутость тростника составляет 70–80 %. Побеги *Phragmites australis* имеют высокую жизненность, их высота составляет 3 м. Сообщество тростника расположено на сплавине, неравномерно прикрепленной к дну, поэтому УГВ резко сменяется. В участках с высоким УГВ (15–50 см) доминируют гидрофиты *Lemna trisulca* и *Hydrocharis morsus-ranae*; при меньшем обводнении (0–15 см) доминируют *Carex rostrata*, *Comarum palustre* и *Sphagnum teres*.

– *Плавнево-литоральные сообщества.* Сообщества Phragmites australis + Scirpus lacustris расположены на торфяно-глинистых отложениях. Они имеют своеобразный микрорельеф: сами плавни сформированы видами *Phragmites australis* и *Scirpus lacustris*, а в окнах между ними преобладают гипновые мхи, *Carex acuta* и нейстофиты *Alisma plantago-aquatica, Potamogeton sp., Nuphar luteum, Nymphaea candida.*

Индекс NDVI. Данный индекс отражает поясность, которая имеется в естественном расположении растительных сообществ (рис. 1). По рисунку прослеживается достаточно четкая закономерность в увеличении значений NDVI при увеличении облесения. Эта тенденция отражает естественную закономерность в увеличении растительной биомассы от сообществ открытых участков приозерных болот к участкам с развитым древесным ярусом. Например, на болоте Равдукорби осоково-сабельниковые сообщества вдоль ручья имеют значения индекса 0,2–0,3, что соответствует низкому уровню биомассы и разреженной растительности.

В пределах болота Шуйские плавни аналогичные значения NDVI имеют плавнево-литоральные сообщества. Немного большими значениями индекса характеризуются тростниковые, травяные и травяно-осоковые сообщества. В травяно-кустарничковых сообществах значения NDVI увеличиваются до 0,5–0,6. Березняки болотно-травяные показывают значения NDVI 0,6–0,65, а сосняки вахтово-сфагновые 0,65–0,7.

Значения NDVI претерпевают существенную динамику в рамках вегетационного периода, что связано с постепенным увеличением биомассы к середине вегетационного периода и ее деградацией к окончанию вегетации. Потенциально различие в NDVI может применяться для дифференциации растительных сообществ еще на стадии предварительного планирования исследования. Однако решение этих частных задач требует более углубленных исследований.

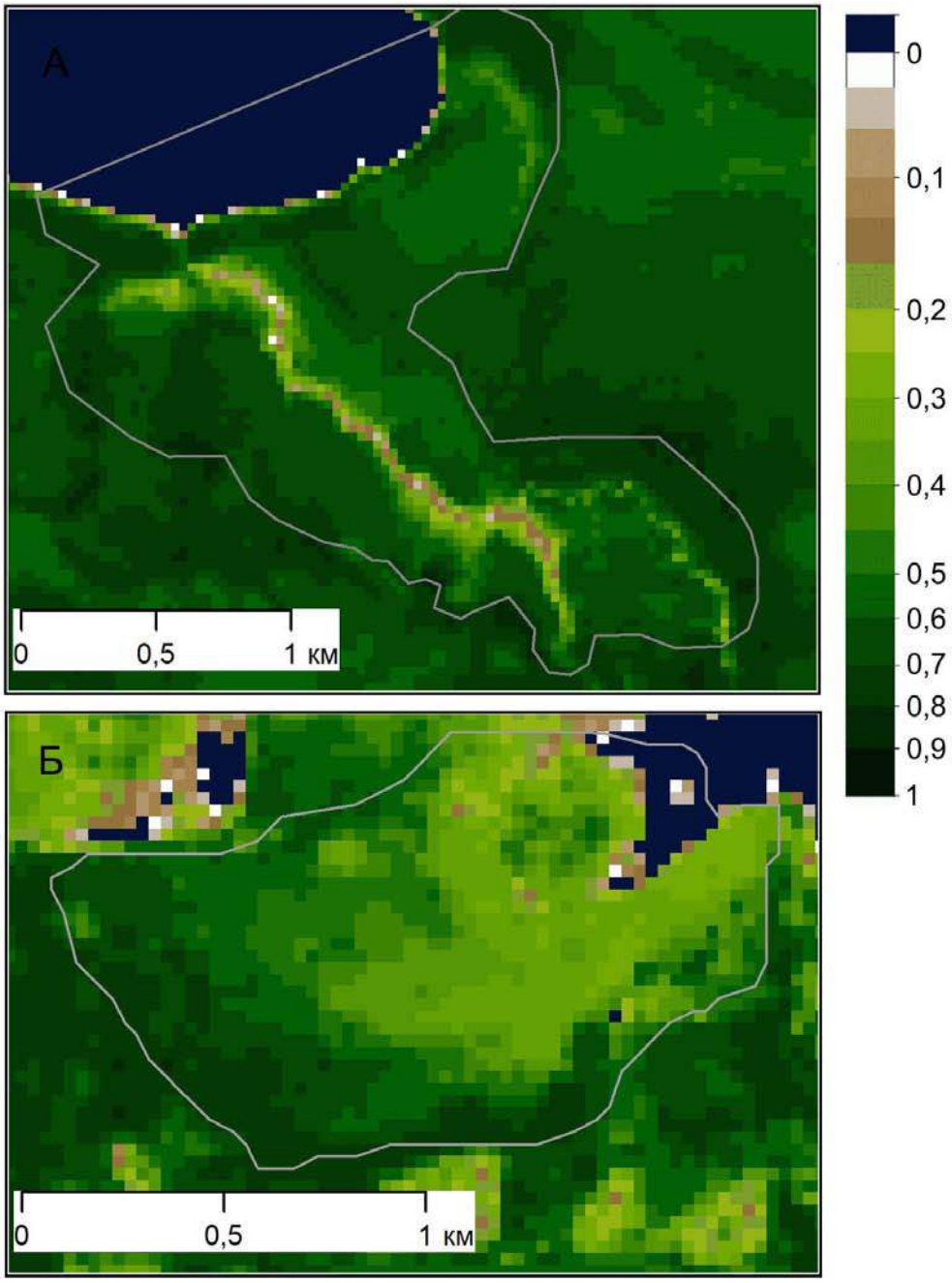


Рис. 1. Нормализованный вегетационный индекс NDVI
болот Равдукорби (А) и Шуйские плавни (Б)
Fig. 1. The normalized vegetation index NDVI
of the mires Ravdukorbi (A) and Shuiyskie Plavni (B)

Индекс NDMI. Отражает общую увлажненность болотных участков (рис. 2). После периода весеннего половодья происходит спад уровня воды в озерах и водотоках, поэтому участки, граничащие с ними, испытывают более выраженный дренаж, чем удаленные участки. В связи с этим осоковые, травяно-осоковые, тростниковые сообщества имеют показатели NDMI около 0, а более удаленные сосняники, березняки и черноольшаники обычно характеризуются значениями NDMI от 0,2 до 0,5. Следует отметить, что значения NDMI, полученные по космоснимкам за ранневесенний и летний периоды, могут существенно отличаться, поскольку за этот срок происходит существенный спад уровня воды.

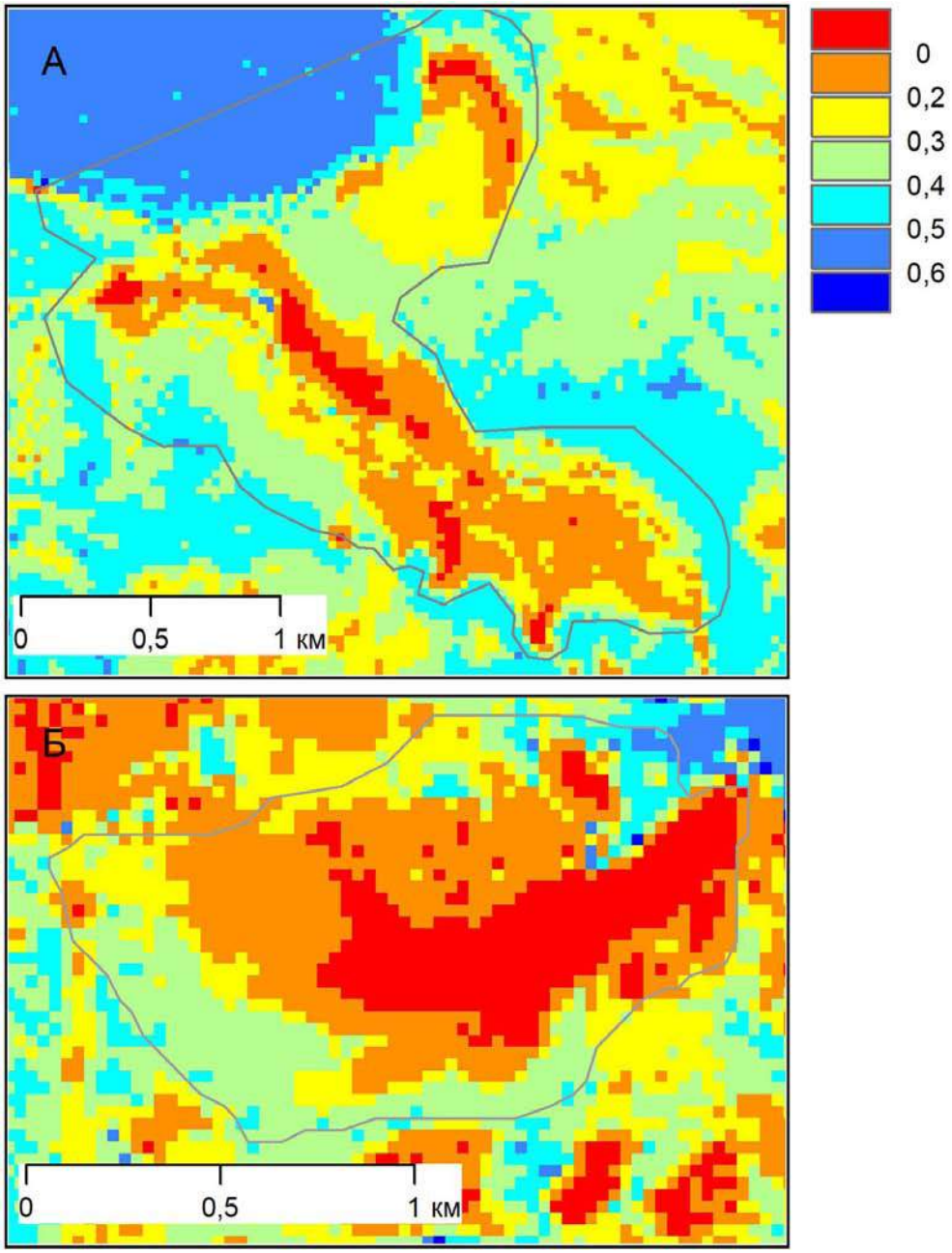


Рис. 2. Индекс увлажненности болот Равдукорби (А) и Шуйские плавни (Б)
Fig. 2. Moisture index of the mires Ravdukorbi (A) and Shuiyskie Plavni (B)

Индекс содержания железа. Для болотных экосистем этот индекс обычно имеет высокие значения. Это связано с некоторыми геохимическими особенностями почвообразования, в частности, с действием геохимического кислородного барьера. Так, кислые глеевые и болотные воды в условиях недостатка кислорода интенсивно выщелачивают из минеральных пород железо и марганец, которые в восстановительной среде существуют в виде ионов Fe^{+2} и Mn^{+2}. При выходе этих вод на земную поверхность происходит окисление этих ионов на воздухе с образованием нерастворимых гидроксидов и оксидов. Подобные выходы фиксируются высокими значениями соотношения яркости в красном и синем каналах мультиспектрального снимка.

Применительно к обследованным объектам следует отметить, что в целом содержание железа на болоте Шуйские плавни существенно больше, чем на болоте Равдукорби

(рис. 3). Это может быть связано с характером питающих вод, уровенным режимом материнских озер. Определенное искажение значения индекса может вносить густой растительный покров. На болоте Шуйские плавни высокое содержание железа отмечено в разнотравных, осоковых и тростниковых сообществах.

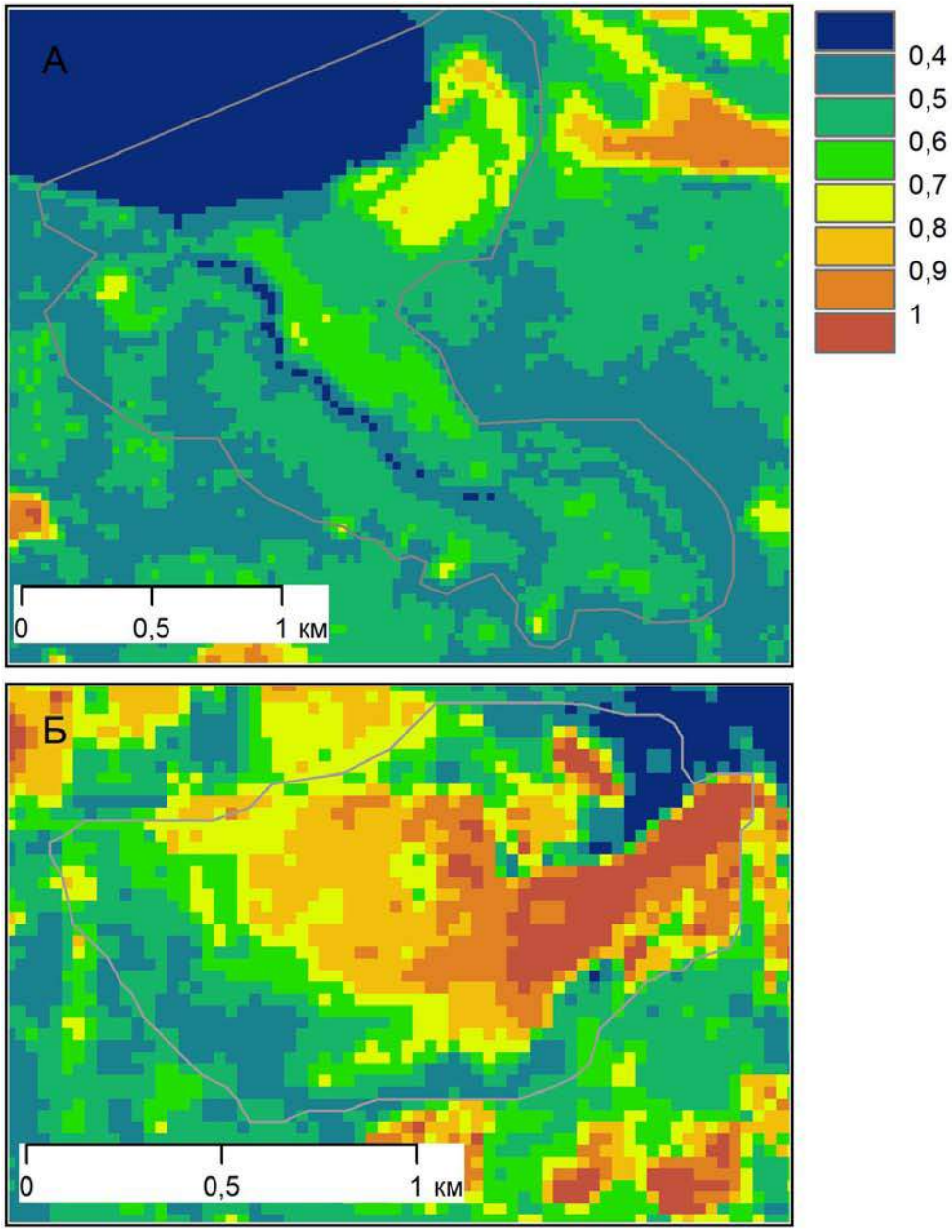


Рис. 3. Индекс содержания железа поверхности
болот Равдукорби (А) и Шуйские плавни (Б)
Fig. 3. The iron index on the surface
of the mires Ravdukorbi (A) and Shuiyskie Plavni (B)

Температура. Известно, что термический режим торфяных и минеральных почв существенно отличается [Казаков, 2013]. По сравнению с автоморфными почвами минеральных островов, гидроморфные торфяные почвы характеризуются повышенным увлажнением и медленным нагревом. Более выраженный нагрев торфяных почв происходит в условиях хорошего дренажа и при невысоких значениях альбедо растительного покрова.

Вклад в температуру поверхности может вносить питание болотных участков. Например, выходящие на поверхность холодные грунтовые воды могут обусловливать снижение температуры на некоторых участках сообществ. Но в целом, в летний период поверхность болот остается относительно холодной и менее подвержена температурным колебаниям, чем минеральные почвы.

На болоте Шуйские плавни наибольшие температуры отмечаются в ивово-разнотравных, разнотравных и осоковых сообществах (рис. 4). Меньший нагрев отмечен в лесных сообществах с выходами грунтовых вод и сообществах с высоким обилием тростника. На болоте Равдукорби более высокие температуры отмечаются в травяно-кустарничково-сабельниковых и ивово-сабельниковых сообществах, и, частично, в березняках болотно-травяных. Низкие температуры отмечаются здесь также для участков лесных сообществ (например, сосняках и березняках болотно-травяных), в которых происходит разгрузка грунтовых вод с пониженной температурой.

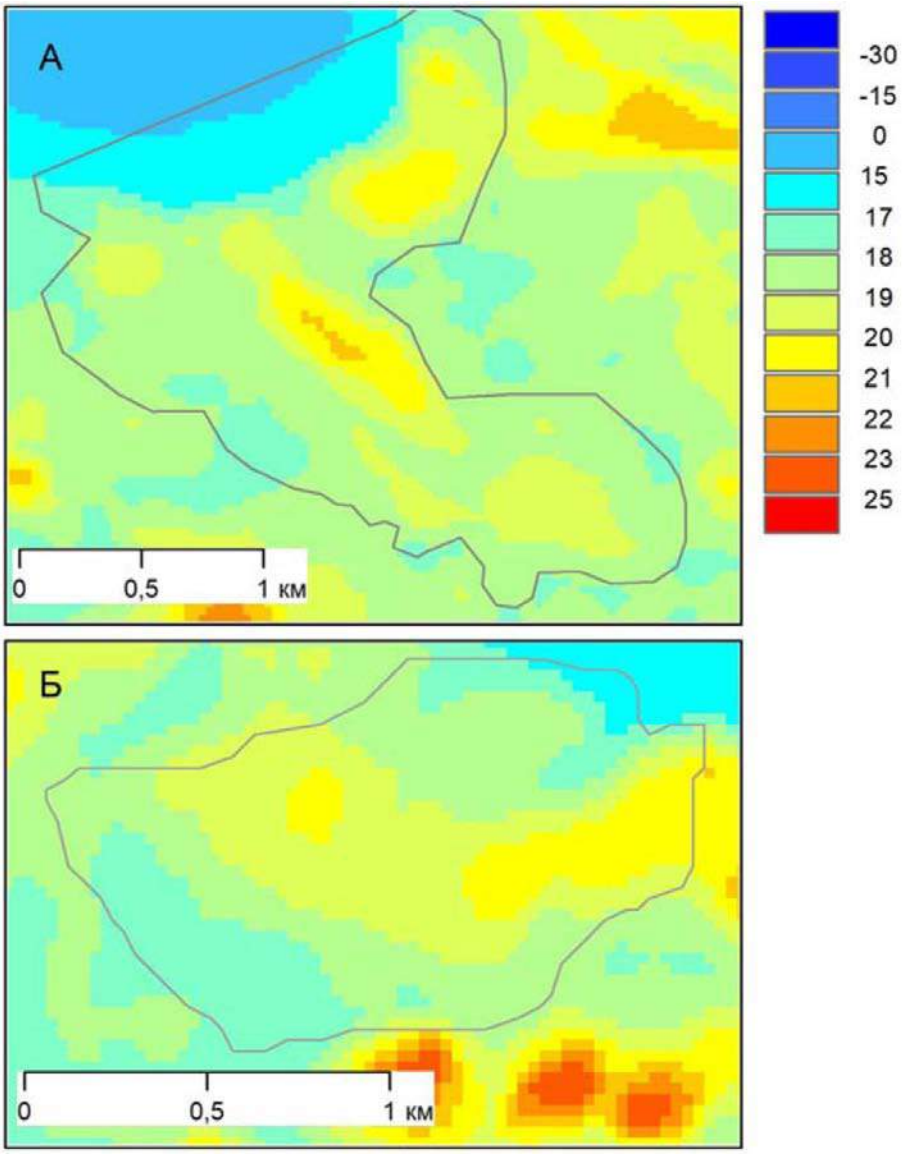


Рис. 4. Температура подстилающей поверхности
болот Равдукорби (А) и Шуйские плавни (Б)
Fig. 4. The temperature of the underlying surface
of the mires Ravdukorbi (A) and Shuiyskie Plavni (B)

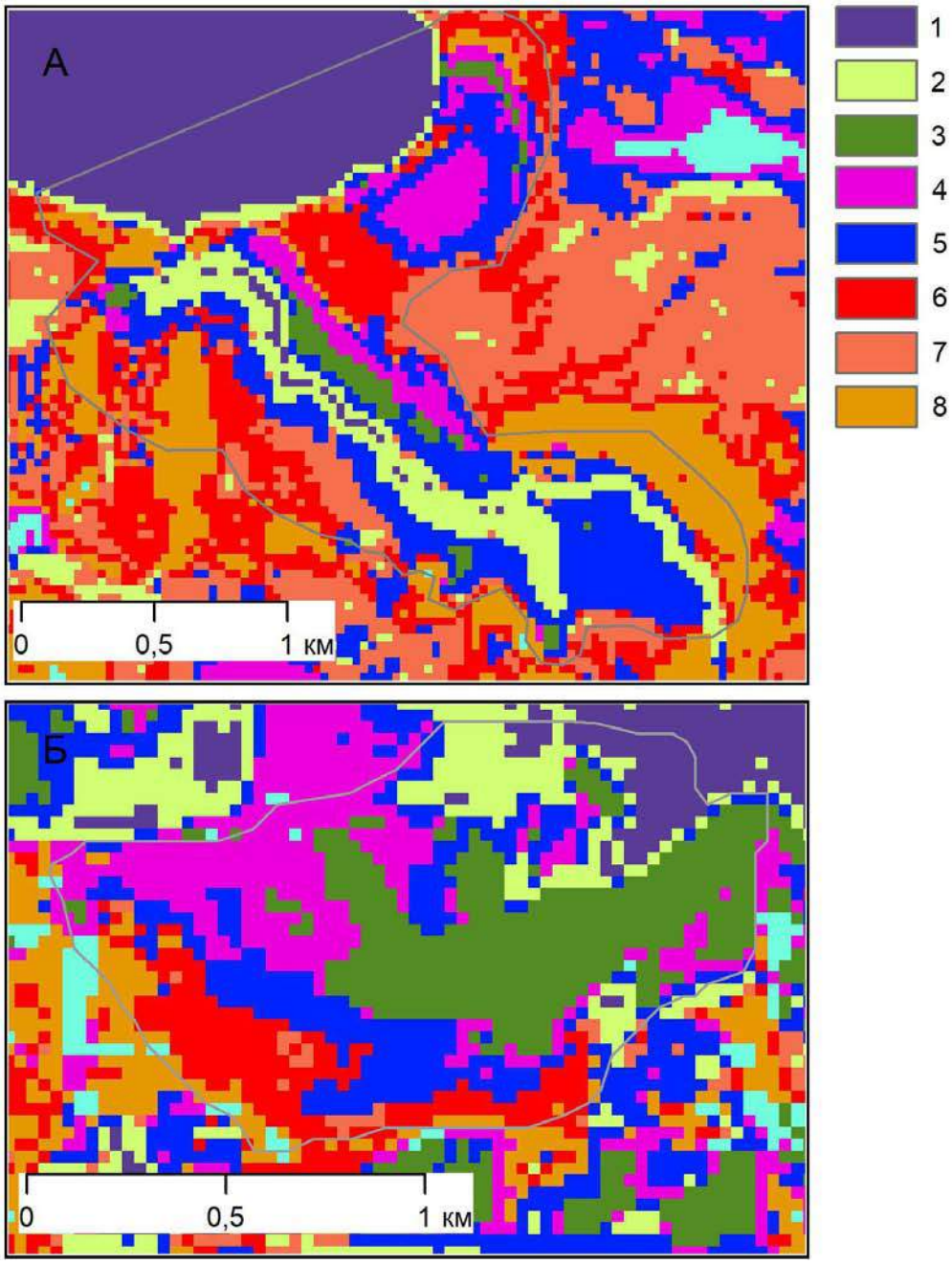


Рис. 5. Результаты неконтролируемой классификации территории
болот Равдукорби (А) и Шуйские плавни (Б)
Номера классов соответствуют обозначениям в таблице
Fig. 5. The results of the uncontrolled classification of the territory
of the mires Ravdukorbi (A) and Shuiyskie Plavni (B).
Class numbers correspond to the notations in the table

В ходе *неконтролируемой классификации* в пределах болот выявлено 7 классов поверхности (рис. 5). Территории внутри выделенных классов характеризуются схожими индексными значениями (табл.), что позволяет интерпретировать результаты классификации. Сравнительный анализ выделенных классов и данных полевых исследований выявил хорошее их соответствие. Это позволяет использовать эти данные при подготовке работ по исследованию болотных комплексов.

Классы наземного покрова болотных массивов
Classes of ground cover of the marshland

№ класса	Преобладающий растительный покров	NDVI	Индекс увлажненности	Индекс оксидов Fe
1	Водные объекты	< 0	> 0,5	0,35
2	Осоково-сабельниковые, плавнево-литоральные сообщества	0,2–0,3	0,1–0,2	0,5–0,6
3	Тростниковые сообщества	0,2–0,3	> 0	0,9–1
4	Сосново-кустарничковые, травяно-кустарничковые сфагновые сообщества	0,5–0,6	0,1–0,2	0,65–0,8
5	Березовые болотно-травяные, ивово-травяные сообщества	0,55–0,65	0,2–0,3	0,6–0,7
6	Сосняники, черноольшаники, березняки болотно-травяные	0,65–0,7	0,3–0,35	0,45–0,5
7		0,68–0,72	0,35–0,4	0,5–0,55
8	Сосняки	0,7–0,8	0,4–0,45	0,45–0,5

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что данные ДЗ имеют высокую информативность при изучении болотных экосистем и являются средством оптимизации затрат при выполнении наземных работ. Расчет разных спектральных индексов (NDVI, NDMI и др.) для рассматриваемых болот, а также результаты неконтролируемой классификации позволили получить широкий ряд данных о неоднородностях болотного массива. Сопоставление с материалами наземной съемки позволило выявить ботанические и гидрологические параметры болотных комплексов для каждого полученного класса. Наряду с этим выявлена необходимость использования разновременных космоснимков. Это не только повысит достоверность, но обеспечит изучение динамики изменений болотных экосистем. В заключение стоит отметить, что использование ГИС технологий эффективно на первом этапе для определения общих неоднородностей болотных экосистем, а в дальнейшем, при выявлении корреляционных зависимостей спектральных индексов и натурных наблюдений, возможно получение карт детального пространственного распределения болотных биотопов и физико-биологических параметров болот на больших площадях.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование осуществлено при финансовой поддержке РФФИ по проекту № 18-05-00256.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 18-05-00256.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеева М.Н., Прейс Ю.И., Дюкарев Е.А.* Пространственная структура наземного растительного покрова и типа верхнего слоя торфа северо-восточных отрогов Большого Васюганского болота по дистанционным и наземным данным // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326, № 4. С. 81–90.

2. *Ардашникова С.В.* Картографирование болотных микроландшафтов на основе спектральной классификации космических снимков RapidEye // Геоматика. 2015. № 2 (27). С. 46–51.

3. *Грищенко М.Ю., Буторина С.А.* Исследование возможностей применения тепловых снимков для дешифрирования растительности (на примере островов Беринга и Кунашир). Материалы Междунар. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2017. № 23(3). С. 71–81. DOI:10.24057/2414-9179-2017-3-23-71-81.

4. *Дюкарев Е.А., Пологова Н.Н., Головацкая Е.А.* Технологии дистанционного зондирования для установления структуры лесоболотных комплексов ключевого участка «Бакчарский» // Журнал Сибирского Федерального университета. Сер. «Техника и технологии». 2008. Т. 1, № 4. С. 334–345.

5. *Зубков И.А., Скрипачев В.О.* Применение алгоритмов неконтролируемой классификации при обработке данных ДЗЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4, № 1. С. 57–62.

6. *Казаков А.А.* Дистанционное геотермическое картографирование болот Западной Сибири (на примере Тарманского болотного массива) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 161–167.

7. *Миронов В.Л.* Растительный покров и динамика приозерного болота у оз. Логмозеро (Южная Карелия) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1(5). С. 1324–1327.

8. *Кутенков С.А., Миронов В.Л.* Особенности растительности и торфяных отложений пойменного болота Равдукорби (Карелия) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Биологические науки. 2015. № 6. С. 40–47.

9. *Carlson T.N., Ripley D.A.* On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index // Remote Sensing of Environment. 1997. V. 62. P. 241–252.

10. *Kearney M.S., Rogers A.S.* Forecasting sites of future coastal marsh loss using topographical relationships and logistic regression. Wetlands Ecology and Management. 2010. P. 449–461.

11. *Segal D.* Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data. Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology, Fort Worth, TX, 1982. P. 949–951.

12. *Skakun R.S., Wulder M.A., Franklin S.E.* Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage. Remote Sensing of Environment. 2003. V. 86. P. 433–443.

13. *Wilson E.H., Sader S.A.* Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. Remote Sensing of Environment. 2002. P. 385–396.

REFERENCES

1. *Alekseeva M.N., Preys Yu. I., Diukarev E.A.* Spatial structure of vegetation cover and top layer of peat of northeastern spurs of the Great Vasyugan mire by remote and ground data. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2015. V. 326, No 4. P. 8–90 (in Russian).

2. *Ardashnikova S.* Wetland microlandscape mapping based on spectral classification of RapidEye images. Geomatics. 2015. No 2(27). P. 46–51 (in Russian).

3. *Carlson T.N., Ripley D.A.* On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index. Remote Sensing of Environment. 1997. V. 62. P. 241–252.

4. *Diukarev E.A., Pologova N.N., Golovatckaya E.A.* Spatial Structure of Forest-Mire Complexes at the Key Site "Bakcharsky". Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2008. V. 1, No 4. P. 334–345 (in Russian).

5. *Grishchenko M.Y., Butorina S.A.* Eevaluation of the thermal infrared satellite images appliance for vegetation interpretation (case study of Bering and Kunashir islands). Proceedings of the International conference InterCarto/InterGIS. 2017. No 23 (3). P. 71–81 (in Russian). DOI:10.24057/2414-9179-2017-3-23-71-81.
6. *Kazakov A.A.* Remote geothermal mapping of bogs of Western Siberia (by the example of the Tarman swamp massif). Bulletin of the Tyumen State University. Ecology and nature management. 2013. No 4. P. 161–167 (in Russian).
7. *Kearney M.S., Rogers A.S.* Forecasting sites of future coastal marsh loss using topographical relationships and logistic regression. Wetlands Ecol Manage. 2010. P. 449–461.
8. *Kutenkov S.A., Mironov V.L.* Plant communities and peat deposit peculiarities of Ravdukorbi floodplain mire. Scientific notes of Petrozavodsk State University. Biological Sciences. 2015. No 6. P. 40–47 (in Russian).
9. *Mironov V.L.* Plant cover and dynamics of Logmozero limnogenous mire (South Karelia). Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. V. 14, No 1 (5). P. 1324–1327 (in Russian).
10. *Segal D.* Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data. Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology, Fort Worth, TX, 1982. P. 949–951.
11. *Skakun R.S., Wulder M.A., Franklin S.E.* Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage. Remote Sensing of Environment. 2003. V. 86. P. 433–443.
12. *Wilson E.H., Sader S.A.* Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. Remote Sensing of Environment. 2002. P. 385–396.
13. *Zubkov I.A.* The algorithms of unsupervised classification in remote-sensing data processing. Modern problems of remote sensing of the earth from space. 2007. V. 4, No 1. P. 57–62 (in Russian).

УДК 551.502 (470.325)

Крымская О.В.[1], Лебедева М.Г.[2], Петина М.А.[3]

ВНУТРИГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА САМООЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

В настоящее время происходящие климатические изменения требуют уточнения параметров метеорологических условий, обусловливающих рассеяние (накопление) примесей, которые поступают в виде выбросов от промышленных предприятий и автотранспорта. Из-за сокращения пунктов и частоты аэрологического зондирования атмосферы не представляется возможным использовать информацию о вертикальном распределении температуры с необходимой дискретностью. Специалисты стали разрабатывать критерии оценки потенциального накопления поллютантов в атмосферном воздухе на основе данных приземных метеорологических наблюдений.

С использованием данных приземных метеорологических наблюдений суточной размерности Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, изучены метеорологические условия рассеивания примесей на территории Белгородской области и установлены внутриобластные различия данных характеристик и были произведены расчеты метеорологического потенциала самоочищения атмосферы в регионе. Следует отметить, что предлагаемый метод определения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы достаточно информативен и может заменить применение расчетной климатической характеристики потенциала загрязнения атмосферы в условиях сокращения аэрологического зондирования. Территориальное распределение упомянутых характеристик совпадают. Коэффициент самоочищения дает возможность оценить вклад метеорологических явлений и их характеристик в формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Расчеты показали, что наиболее неблагоприятные параметры наблюдаются в течение всего года на северо-востоке региона, где в районе освоения КМА имеет место значительная концентрация населения и промышленных объектов, что требует от контролирующих природоохранных организаций дополнительных мер контроля за экологической ситуацией. В то же время, учитывая сезонную периодичность работы перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса, следует отдать предпочтение размещению таких организаций в центральных районах области. Исследование метеорологического потенциала самоочищения атмосферы позволяет дать рекомендации по оптимальному варианту размещения техногенных нагрузок в регионе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: загрязнение атмосферного воздуха, метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, коэффициент самоочищения атмосферы.

---

[1] Белгородский государственный университет, ул. Победы, 85, 308015, Белгород, Россия, *e-mail:* **krymskaya@bsu.edu.ru**

[2] Белгородский государственный университет, ул. Победы, 85, 308015, Белгород, Россия, *e-mail:* **lebedeva_m@bsu.edu.ru**

[3] Белгородский государственный университет, ул. Победы, 85, 308015, Белгород, Россия, *e-mail:* **patina_m@bsu.edu.ru**

Olga V. Krymskaya[1], Maria G. Lebedeva[2], Maria A. Petina[3]

INTRA-ANNUAL VARIABILITY OF METEOROLOGICAL POTENTIAL OF SELF-PURIFICATION ATMOSPHERIC AIR IN THE BELGOROD REGION

ABSTRACT

Currently, the ongoing climate changes require the specification of meteorological parameters that cause the dispersion (accumulation) of impurities that come in the form of emissions from industrial enterprises and motor transport. Due to the reduction of the points and the frequency of the aerological sounding of the atmosphere it is not possible to use the information on the vertical distribution of temperature with the necessary discreteness. Experts began to develop criteria for assessing the potential accumulation of pollutants in atmospheric air on the basis of surface meteorological observations.

Using surface meteorological observations of the daily dimension of the Belgorod center for Hydrometeorology and environmental monitoring, meteorological conditions for dispersion of impurities in the Belgorod region were studied, intra-regional differences of these characteristics were established, and calculations of meteorological potential of self-purification of the atmosphere in the region were made. The proposed method for determining the meteorological potential of self-purification of the atmosphere is sufficiently informative and can replace the use of the calculated climatic characteristics of the potential for air pollution in the conditions of reduction of aerological sounding. The territorial distribution of the mentioned characteristics are the same. The self-purification factor makes it possible to evaluate the contribution of meteorological phenomena and their characteristics in the formation of air pollution.

Calculations have shown that the most unfavorable parameters are observed throughout the year in the North-East of the region, where there is a significant concentration of population and industrial facilities in the area of development of KMA, which requires additional measures to control the environmental situation from controlling environmental organizations. At the same time, considering seasonal frequency of work of the processing enterprises of agro industrial complex, it is necessary to give preference to placement of such organizations in the Central regions of area. The study of the meteorological potential of self-purification of the atmosphere makes it possible to give recommendations on the optimal variant of the placement of technogenic loads in the region.

KEYWORDS: air pollution, meteorological self-purification capacity of the atmosphere, self-purification of the atmosphere factor.

ВВЕДЕНИЕ

Влияние различных видов хозяйственной деятельности в староосвоенном регионе на окружающую среду – один из главных, но не единственный фактор, под влиянием которого формируется определенный уровень загрязнения атмосферы [Корнилов и др., 2005; Чендев, Петин, 2006]. Немаловажное значение при этом имеют природные факторы, главным из которых является способность атмосферы к самоочищению [Переведенцев, Хабутдинов, 2012; Крымская, Лебедева и др., 2016]. В 80-х годах прошлого века для территории СССР специалистами Главной Геофизической Обсерватории им. А.И. Воейкова была составлена «Карта потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА)». В основе карты была использована специальная климатическая информация, включающая данные аэрологических наблюдений

[1] Belgorod State University, Pobedy str., 85, 308015, Belgorod, Russia, *e-mail:* **krymskaya@bsu.edu.ru**
[2] Belgorod State University, Pobedy str., 85, 308015, Belgorod, Russia, *e-mail:* **lebedeva_m@bsu.edu.ru**
[3] Belgorod State University, Pobedy str., 85, 308015, Belgorod, Russia, *e-mail:* **patina_m@bsu.edu.ru**

и метеорологических станций [Безуглая, 1980]. В результате полученная информация была включена в нормативные документы для учета климатических факторов при строительстве. Региональная карта ПЗА была подготовлена при создании Атласа «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области» в 2005 [Атлас…, 2005].

В настоящее время происходящие климатические изменения требуют уточнения параметров метеорологических условий, обусловливающих рассеяние (накопление) примесей, которые поступают в виде выбросов от промышленных предприятий и автотранспорта. Из-за сокращения пунктов и частоты аэрологического зондирования атмосферы не представляется возможным использовать информацию о вертикальном распределении температуры с необходимой дискретностью. Специалисты стали разрабатывать критерии оценки потенциального накопления поллютантов в атмосферном воздухе на основе данных приземных метеорологических наблюдений. Задачей данного исследования было подготовка карт, отражающих распределение метеорологического потенциала самоочищения атмосферы на территории региона в начале текущего столетия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных материалов использованы данные приземных метеорологических наблюдений суточной размерности Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция Богородицкое Фенино, расположенная на севере области, Готня – на западе, Белгород – в центре, Новый Оскол – на востоке и Валуйки – на юго-востоке области) за период 1998–2016 гг.

Для оценки экологического состояния атмосферы был предложен коэффициент самоочищения, разработанный Т.С. Селегей [Селегей, 1989], с учетом изменений, сформулированных С.С. Андреевым [Андреев, 2010].

Коэффициент самоочищения атмосферы (Км) по методике Т.С. Селегей определяется как отношение повторяемости условий, способствующих накоплению примесей (слабых ветров и туманов) к повторяемости условий, содействующих удалению примесей (сильных ветров и осадков).

$$Км = (P_{сл} + P_{тум})/ (P_{сил} + P_{ос}), \quad (1)$$

где $P_{сл}$ – повторяемость слабого ветра (0–1 м/с); $P_{сил}$ – повторяемость скорости ветра ≥ 6 м/с; $P_{тум}$ – повторяемость туманов; $P_{ос}$ – повторяемость осадков ≥ 0–5 мм.

С.С. Андреев при расчете потенциала самоочищения атмосферы предложил вместо повторяемости туманов учитывать повторяемость среднесуточной относительной влажности ≥ 80 % ($P_{f \geq 80\,\%}$).

Очевидно, что в предложенной формуле Км характеризует условия накопления примесей, а не рассеивания. Поэтому Ю.П. Переведенцев [Переведенцев, Хабутдинов, 2012] предложил оценивать способность атмосферы к самоочищению с помощью коэффициента, рассчитываемого по следующей формуле:

$$К'м = (P_{сил} + P_{ос})/ (P_{сл} + P_{f \geq 80\,\%}). \quad (2)$$

Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы учитывает факторы, способствующие как загрязнению атмосферы, так и ее самоочищению. Чем больше по абсолютной величине метеорологический потенциал самоочищения атмосферы К'м, тем лучше условия для рассеивания примесей в атмосфере. Если К'м больше 1, то повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, преобладает над повторяемостью процессов, содействующих накоплению в ней вредных веществ. Если К'м меньше 1, то преобладают процессы, способствующие накоплению загрязняющих веществ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные расчеты дали возможность подготовить картосхемы территориального распределения потенциала самоочищения атмосферы, как для среднегодовых обобщений, так и для различных сезонов года (рис. 1–5).

Количественная оценка метеорологических условий по критерию К'м: К'м < 0–8 – неблагоприятные условия для рассеивания; 0,8 ≤ К'м ≤ 1,2 – ограниченно благоприятные условия рассеивания; К'м > 1,2 – благоприятные условия самоочищения атмосферы.

Рис. 1. Среднегодовые характеристики метеорологического потенциала самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области
Fig. 1. Average annual characteristics of meteorological potential of self-purification of atmospheric air in the Belgorod region

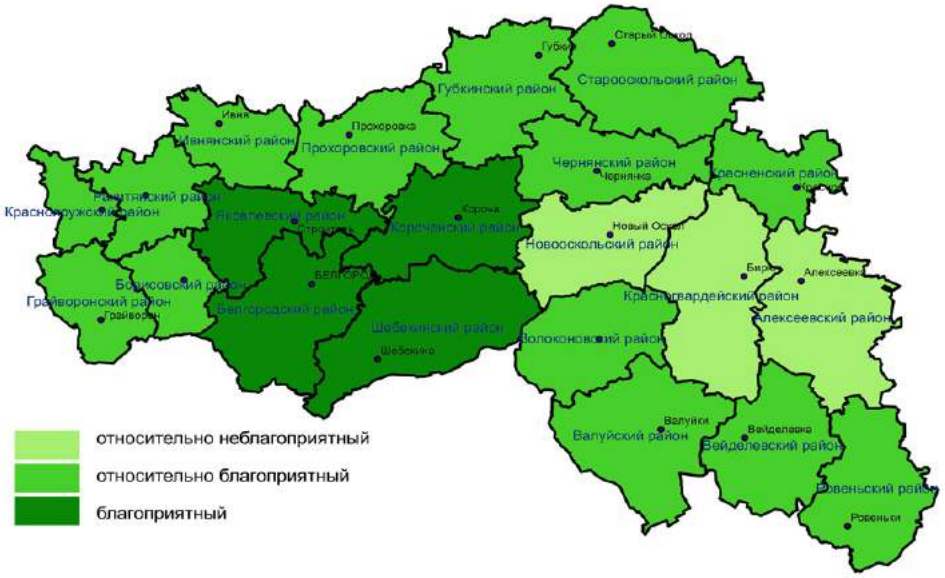


Рис. 2. Характеристики метеорологического потенциала самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области в зимний период
Fig. 2. Characteristics of meteorological potential of self-purification of atmospheric air in the Belgorod region in winter

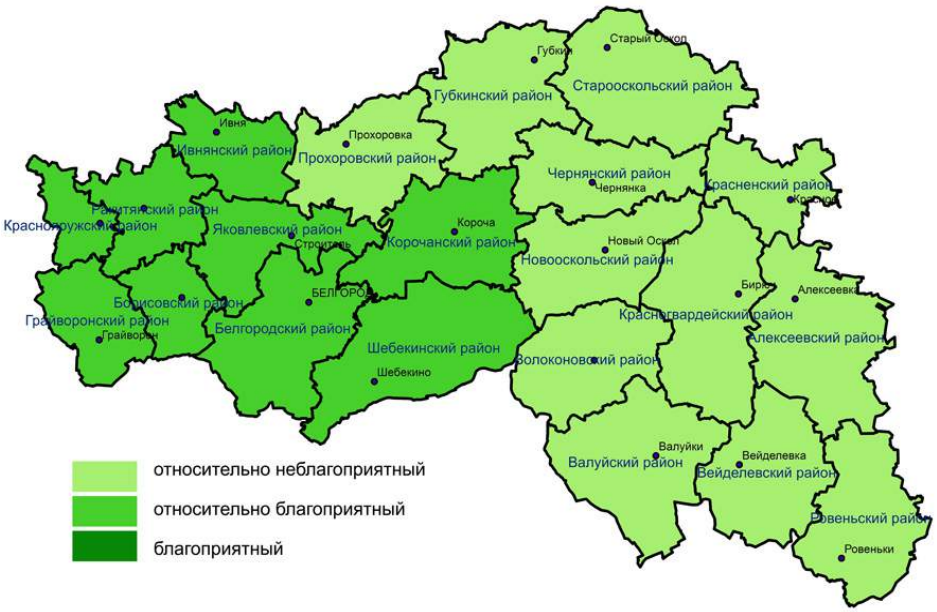


Рис. 3. Характеристики метеорологического потенциала самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области весной
Fig. 3. Characteristics of meteorological potential of self-purification of atmospheric air in the Belgorod region in the spring

Рис. 4. Характеристики метеорологического потенциала самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области летом
Fig. 4. Characteristics of meteorological potential of self-purification of atmospheric air in the Belgorod region in the summer

Изменчивость среднегодовых значений К´м находится в интервале 0,56–2,63. Максимальная изменчивость среднегодовых значений коэффициента самоочищения отмечена в Белгороде (1,7), минимальная – в Готне (0,79) и Валуйках (0,89). Подобные различия обусловлены как орографией местности, так и территориальными различиями в повторяемости элементов циркуляции атмосферы [Лебедева, Крымская, 2016].

Рис. 5. Характеристики метеорологического потенциала самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области осенью
Fig. 5. Characteristics of meteorological potential of self-purification of atmospheric air in the Belgorod region in the autumn

Полученные результаты хорошо согласуются с требованиями руководящих документов по оценке состояния уровня загрязнения атмосферного воздуха[1], что позволяет использовать их при подготовке материалов для природоохранных органов.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый метод определения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы достаточно информативен и может заменить применение расчетной климатической характеристики потенциала загрязнения атмосферы в условиях сокращения аэрологического зондирования. Территориальное распределение упомянутых характеристик совпадает.

Расчеты показали, что изменчивость коэффициента самоочищения атмосферы существенно различается, как внутрисезонно по территории области, так и пространственно. Наиболее неблагоприятные параметры формируются в течение всего года на северо-востоке региона, где в районе освоения КМА наблюдается значительная концентрация населения и промышленных объектов, что требует от контролирующих природоохранных организаций дополнительных мер контроля экологической ситуации. Сезонная периодичность работы перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса позволяет отдать предпочтение размещению таких организаций в центральных районах области, где в осенних период формируются благоприятные условия для рассеяния вредных примесей в атмосфере.

Учитывая плотность расположения предприятий-загрязнителей на северо-востоке области, связанных с добычей и переработкой железной руды в районе Губкинско-Старооскольской агломерации, наличия крупных населенных пунктов, попадающих в зону влияния объектов КМА (Старый Оскол и Губкин), близкое расположение территории за-

[1] РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения / Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 52 с.

поведника Белогорье (участок Ямская степь), природоохранным организациям необходимо уделять особое внимание постоянному выполнению комплекса природоохранных мероприятий, связанных со снижением выбросов вредных веществ в атмосферу именно в этой части области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев С.С.* Климатический ресурс и комфортность территории Южного федерального округа России. Автореф. дис. …докт. геогр. наук. СПб., 2010. 37 с.
2. Атлас Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области. Белгород: БГУ, 2005. 179 с.
3. *Безуглая Э.Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 184 с.
4. *Корнилов А.Г., Петин А.Н., Назаренко Н.В.* Проблемы экологической безопасности Белгородской области и управления рациональным природопользованием. Проблемы региональной экологии. 2005. Т. 6. С. 38–52.
5. *Крымская О.В., Лебедева М.Г., Бузакова И.В., Сторожилова Е.Ю.* Метеорологический потенциал самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области. Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2016. 4 (225). Вып. 34. С. 117–122, 124–129.
6. *Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г.* Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия. Вестник Удмуртского университета. 2012. Вып. 3. С. 23–28.
7. *Селегей Т.С.* Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района. Тр. Зап. Сиб. НИИ. 1989. Вып. 86. С. 84–89.
8. *Чендев Ю.Г., Петин А.Н.* Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области). М.: Белгородский гос. ун-т, 2006. С. 124.

REFERENCES

1. *Andreev S.S.* Resource and climatic comfort in the southern Federal district of Russia. Author. thesis of the doctor of the geographer. Sciences. St. Petersburg, 2010. 37 p. (in Russian).
2. *Bezuglaya E.Y.* The potential meteorological and climatic features of the air pollution in. L.: Gidrometeoizdat, 1980. 184 p. (in Russian).
3. *Chendev Yu.G., Petin A.N.* Natural changes and anthropogenic transformation of the components of the environment long developed regions (by the example of Belgorod region). M.: Belgorod state Univ., 2006. 124 p. (in Russian).
4. *Kornilov A.G., Petin A.N., Nazarenko N.* The problems of ecological safety of the Belgorod region administration and environmental management. Problems of regional ecology, 2005. V. 6. P. 38–52 (in Russian).
5. *Krymskaya O.V., Lebedeva M.G., Butakova I.V., Storozhilova E.Yu.* Meteorological potential of self-purification of atmospheric air in the Belgorod region. Scientific statements of the Belarusian state University. Series of Natural Sciences. 2016. 4 (225). V. 34. P. 124–129 (in Russian).
6. *Perevedentsev Yu.P., Khabutdinov Y.G.* Meteorological potential of self-purification and the quality of atmospheric air in Kazan in the last decade. Bulletin of Udmurt University. 2012. V. 3. P. 23–28 (in Russian).
7. *Seleguei T.S.* Meteorological potential of atmosphere self-cleaning of the Siberian economic region. Tr. Zap. Sib. Sri. 1989. V. 86. P. 84–89 (in Russian).
8. The Atlas of Natural resources and the ecological state of the Belgorod region. Belgorod, BSU, 2005. 179 p. (in Russian).

УДК 630*907.3: 528.94

Малышева Н.В.[1], Золина Т.А.[2], Моисеев Б.Н.[3]

ВКЛАД ГИС В МЕТОДИКУ ОЦЕНКИ НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

Парижское соглашение мотивирует совершенствование методов учета объемов поглощения CO_2 лесами России и объективной оценки эмиссий CO_2 в секторе землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства. В статье рассмотрено использование ГИС для поддержки методики и экспериментальных работ по оценке поглощения углерода лесами России. Методика основана на данных государственного лесного реестра (ГЛР), форм ведомственной отчетности об объемах заготовки древесины, площадях лесов, погибших в результате воздействия неблагоприятных антропогенных факторов, данных статистической отчетности Федеральной службы государственной статистики (Росстат). В среде ArcGIS составлена карта таксонов лесорастительного районирования (лесных районов) и выполнена стратификация лесов по лесорастительным условиям и продуктивности. С помощью инструментария ГИС идентифицированы однородные по лесорастительным условиям страты, со значениями коэффициентов, необходимых для численной оценки запасов и депонирования углерода лесами. Оверлейные процедуры ГИС позволили увязать площади лесных земель и запасы стволовой древесины по лесничествам с таксонами зонирования, а затем, используя конверсионные коэффициенты преобразования запасов стволовой древесины в фитомассу и другие параметры, рассчитать запасы и годичное накопление углерода. Экспериментальные расчеты выполнены по данным отраслевой и федеральной статистики за 2015 г. Результаты экспериментальных расчетов запасов углерода в лесах, годичного депонирования углерода и углеродного баланса представлены в картографической форме. Экспериментальные оценки сопоставлены с опубликованными оценками национальной отчетности по международным соглашениям. Расчеты баланса углерода в лесах Российской Федерации, выполненные по предлагаемой методике показывают, что итоговая величина нетто-стока углерода – чистая биомная продукция (NBP) – составила в 2015 г. порядка 521,5 Мт С/год. По нашим оценкам в национальной отчетности по международным соглашениям нетто-поглощение углерода лесами (NBP) занижено приблизительно на 360 Мт С/год.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: леса России, ГИС, поглощение углерода лесами, баланс углерода, чистая экосистемная продукция (NEP), чистая биомная продукция (NBP).

---

[1] Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), ул. Институтская д. 15, 141200, Пушкино, Московская обл., Россия, *e-mail:* **nat-malysheva@yandex.ru**

[2] Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), ул. Институтская д. 15, 141200, Пушкино, Московская обл., Россия, *e-mail:* **tzolina@gmail.com**

[3] ООО НПЦ «Лесное дело», Рубцовская набережная д. 3, стр. 1, 105082, Москва, Россия, *e-mail:* **bmoiseev@yandex.ru**

Nataliya V. Malysheva[1], Tatiana A. Zolina[2], Boris N. Moiseev[3]

GIS SUPPORT THE METHODS FOR ASSESSMENT OF CARBON SEQUESTRATION CAPACITY IN THE RUSSIAN FORESTS

ABSTRACT

The Paris Agreement motivates the improvement of methods for accounting the CO_2 absorbed by Russia's forests and an objective assessment of CO_2 greenhouse gas emissions in Land Use, Land Use Change and Forestry sectors. GIS support to the methodology and experimental work on assessing carbon sequestration capacity in the Russian forests is discussed in the article. The methodology based on the State Forest Register data, reports on timber harvesting volumes, reports on forest areas damaged by unfavorable anthropogenic factors, statistical reports of the Federal State Statistics Service (Rosstat). The State Forest Register data are presented on forest management units (lesnichestvo) and regions. Due to ArcGIS software, the map with homogeneous forest site-specific condition zones compiled. The GIS tool helped to identify the strata with homogeneous site-specific and forest-growing conditions. Biomass expansion factor for converting the forest growing stock in the volume of aboveground tree biomass and some other parameters needed for the calculations of forest carbon sink linked to the strata. GIS overlay procedures allowed to bind the growing stock on forest areas with zoning, and then, using an expansion factor for converting the growing stocks in biomass and other parameters, to calculate the forest carbon stocks and annual forest carbon sink. Experimental calculations performed by State Forest Register data and federal statistics for 2015. Based on the results of calculations, the maps of carbon stocks in the Russian forests, carbon sequestration by Russian forests and carbon balance were produced. Our experimental assessments were compared with National inventory report of the Russian Federation on greenhouse gas emissions and removals (2017) and the seventh Russian national communication under the UNFCCC. Calculations performed according to the proposed methodology showed that the net carbon sink in the Russian forests was about 521.5 million tons C/year for 2015. According to our research, the underestimation of the carbon sink in Russian forests would be approximately 360 million tons C/year total.

KEYWORDS: Russian forests, GIS, carbon sink, carbon balance, net ecosystem production (NEP), net biome production (NBP).

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия антропогенно обусловленное изменение климата осознано как объективная реальность. Противодействие и смягчение последствий изменения климата рассматривается как одна из глобальных целей устойчивого развития. Сектор землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) служит как источником эмиссий, так и стоком парниковых газов (ПГ). Эмиссии обусловлены обезлесением, заготовкой и вывозкой древесины, лесными пожарами антропогенного происхождения и т. д. Вместе с тем, на сегодня и в перспективе, к началу действия Парижского соглашения (после 2020 г.), этот сектор обладает большим потенциалом смягчения последствий изменения климата за счет аккумулирования CO_2 лесами и накопления в стоке.

[1] Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), Institutskaya str., 15, 141200, Pushkino, Moscow region, Russia, *e-mail*: **nat-malysheva@yandex.ru**

[2] Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), Institutskaya str., 15, 141200, Pushkino, Moscow region, Russia, *e-mail:* **tzolina@gmail.com**

[3] LLC "Lesnoye Delo", Rubtsovskaya embankment, 3, 105082, Moscow, Russia, *e-mail*: **bmoiseev@yandex.ru**

В отличие от всех других секторов экономики, лесной сектор предлагает две возможности смягчения последствий изменения климата за счет увеличения поглощения ПГ (абсорбции лесами) и за счет снижения выбросов ПГ (эмиссий). Все прочие секторы экономики могут лишь вносить свой вклад в сокращение атмосферных эмиссий ПГ. По прогнозам экспертов, сектор ЗИЗЛХ к 2030 г. будет обеспечивать около 25 % снижения суммарных эмиссий ПГ, заявленных странами в национально определяемых вкладах в сокращение выбросов ПГ при подписании Парижского соглашения по климату [Forsell et al., 2016; Krug, 2018]. В России в настоящее время сектор ЗИЗЛХ компенсирует около 20 % общего объема выбросов других секторов [http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom_/application/pdf/20394615_russian_federation-nc7-1-7nc.pdf].

Чтобы оценить вклад деятельности по рациональному использованию, охране, защите и воспроизводству лесов, т. е. устойчивому управлению лесами, в смягчение последствий изменения климата, необходимо регулярно следить за временной динамикой стоков и эмиссий ПГ в лесах. Эта задача реализуется посредством проведения национальных инвентаризаций (национального кадастра) выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов по секторам экономики, в том числе по сектору ЗИЗЛХ. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) разрабатывает методологию и требования к подготовке данных национальных инвентаризаций выбросов и стоков парниковых газов из атмосферы. Результаты инвентаризаций публикуют в виде национальных докладов о кадастре и национальных сообщений в соответствии с международными обязательствами стран, подписавших Рамочную конвенцию ООН (РКИК ООН) и Киотский протокол. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов инициирован Распоряжением Правительства от 01.03.2006 № 278-р (в ред. 10.03.2009). Подготовку национальной отчетности по международным климатическим соглашениям и разработку методов оценки выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов выполняют научные организации и региональные подразделения Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Парижское соглашение мотивирует совершенствование методов учета объемов поглощения CO_2 лесами России и объективной оценки эмиссий CO_2 в секторе ЗИЗЛХ. Количественной оценке способности российских лесов поглощать и накапливать углерод посвящены тысячи работ разных научных коллективов. Однако результаты оценок, полученные этими коллективами, значительно расходятся при высокой степени неопределенности. Так, например, сток углерода в леса России составляет по оценкам независимых отечественных и зарубежных исследовательских групп: 173 ± 69 Мт С/год [http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/NIR-2017_v1_fin.pdf], 520 ± 99 Мт С/год [Pan et al., 2011], 690 Мт С/год [Dolman et al., 2012], 800 Мт С/год [Kudeyarov, 2005]. Причина таких больших расхождений не только в различных методах оценки и используемых источниках данных, терминологические разночтения и методические неточности, при условии использования в расчетах одних и тех же данных, могут дать результаты, различающиеся в разы. Так, например, 7-е Национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии с международными обязательствами по климатическим соглашениям [http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom_/application/pdf/20394615_russian_federation-nc7-1-7nc.pdf], приводит оценку чистого поглощения углерода лесами России (NBP) в 2015 г. в 173 Мт С/год. В работе [Филипчук и др., 2017] величина чистого поглощения оценивается в ≈ 520 Мт С/год. При этом в расчетах оба коллектива используют общедоступные данные статистической отчетности о лесах страны и методические руководства МГЭИК. Проблема объективной оценки поглощения углерода лесами России продолжает оставаться актуальной и побуждает продолжать научные исследования.

Геоинформационная поддержка исследований и практических учетных работ по оценке объемов поглощения углерода лесами России и углеродного баланса, как правило, сведена к визуализации результатов в картографической форме [Замолодчиков и др., 2014]. Исключением являются работы группы ученых Института прикладного системного анализа [Schepaschenko et al., 2015], использующей наземные и дистанционные данные о земельном покрове, ландшафтах и растительности, которые хранятся и загружаются в Интегральную земельную информационную систему (ИЗИС). Затем производится отбор и обработка информации для получения параметров, включенных в расчет накопления углерода и углеродного баланса лесов России.

Анализ исследований, выполненных разными научными коллективами [Замолодчиков и др., 2014; Филипчук и др., 2017] показывает, что от того, насколько правильно определены категории оценки, стратифицированы и пространственно локализованы учетные единицы кадастра, от уровня детальности расчетов и использованных алгоритмов зависит суммарная величина запасов углерода в лесах, объемов ежегодного поглощения углерода лесами (абсорбции CO_2) и, в конечном итоге, углеродного баланса.

Цель исследований: с помощью ГИС выполнить стратификацию лесов по лесорастительным условиям и продуктивности, сгруппировать по стратам учетные единицы кадастра в секторе ЗИЗЛХ, представить в картографической форме выполненные экспериментальные расчеты запасов углерода в лесах, годичного депонирования углерода и углеродного баланса, сопоставить свои экспериментальные оценки с оценками, опубликованными в национальной отчетности по международным соглашениям.

Использование инструментов ГИС является составной частью разработанной нами методики учета поглощения CO_2 лесами Российской Федерации (далее – Методика) [Методика…, 2017]. В основу Методики положены рекомендации Межправительственной группы экспертов по изменению климата [Руководящие указания..., 2003; Руководящие принципы..., 2006] и международные правовые документы РКИК ООН, принятые Россией на добровольной основе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика предусматривает использование материалов ежегодной статистической отчетности по лесам России, включающей: данные государственного лесного реестра (ГЛР), формы ведомственной отчетности об объемах заготовки древесины, площадях лесов, погибших в результате воздействия неблагоприятных антропогенных факторов и т. д., данные статистической отчетности Федеральной службы государственной статистики (Росстат). Расчетные работы основаны на данных двух уровней – локального (по лесничествам) и регионального (по субъектам). Данные государственного лесного реестра локального уровня по лесничествам (единицам управления лесами) описывают качественные и количественные характеристиками лесов – преобладающие древесные породы, группы возраста, запасы стволовой древесины и пр. Статистические данные об объемах заготовки древесины, площадях лесов, погибших в результате воздействия неблагоприятных антропогенных факторов, включенные в расчет выбросов ПГ, агрегированы по регионам (субъектам Российской Федерации).

Алгоритмы расчетов и последовательность выполнения оценки запасов, поглощения, эмиссий углерода и углеродного баланса подробно изложены в работе [Методика…, 2017]. Экспериментальное опробование работоспособности Методики проведено по данным ГЛР и федеральной статистики за 2015 г. для удобства сопоставления полученных количественных оценок с оценками последнего национального кадастра, подготовленного по данным за этот же период времени [http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/NIR-2017_v1_fin.pdf].

Для исключения разночтений в оценках углеродного баланса национального уровня и трудностей свода информации для последующей глобальной оценки принято придерживаться терминологии по категориям учета, рекомендованным МГЭИК. К таким категориям относятся: лес, управляемые леса, управление лесным хозяйством. Статья 3.4. Киотского протокола, реализующего принципы РКИК ООН, предусматривает для подготовки национальной отчетности определение и территориально-пространственную идентификацию территорий, соответствующих категории «лес». В лесном хозяйстве России понятию «лес» отвечает термин «земли, занятые лесными насаждениями», а земли, временно утратившие лесной покров, но предназначенные для его восстановления, относят к «землям, не занятым лесными насаждениями». Эти две категории в совокупности образуют «лесные земли», соответствующие категории «лес» в международных документах [https://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf]. Таким образом, объектами учета или учетными единицами кадастра стоков и источников парниковых газов являются лесные земли.

Отличительной особенностью разработанной Методики служит расширение перечня объектов, подлежащих учету, т. е. объектом расчетов стока/эмиссий CO_2 являются ***все лесные земли*** на территории субъектов Российской Федерации. К таким объектам относятся как земли лесного фонда, так и другие земли, на которых расположены леса, в том числе земли промышленности, энергетики, транспорта, земли обороны и земли иного специального назначения, земли населенных пунктов, земли особо охраняемых территорий и объектов и другие категории. С научной точки зрения, которой мы придерживаемся, целесообразно вести оценку накопления углерода и углеродного баланса для всех лесов страны, а не только земель лесного фонда и некоторых других земель, как в национальной отчетности по климатическим соглашениям [http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/NIR-2017_v1_fin.pdf].

Согласно руководящим указаниям МГЭИК, оценку стоков углерода и углеродного бюджета для сектора ЗИЗЛХ проводят для «управляемых лесов». Методология МГЭИК выделяет «управляемые леса» как территорию, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательство с целью выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp]. В соответствии с российским лесным законодательством земли лесного фонда по целевому назначению делятся на защитные, эксплуатационные и резервные (ст. 10 Лесного кодекса, 2007). К резервным отнесены леса, в которых в течение 20 лет не планируется промышленная заготовка древесины (ст. 109 Лесного кодекса, 2007). Это леса удаленных районов Сибири и Дальнего Востока страны. Их роль в поддержании экологических функций биосферы планеты многократно превосходит ресурсное значение. Обоснование определения термина «управляемые леса» для подготовки национальной отчетности России по климатическим соглашениям было принято в 2006 г. Тогда к «управляемым» были отнесены леса только защитного и эксплуатационного назначения в составе земель лесного фонда. Резервные леса в «управляемые» не попали [http://www.ncsf.ru/uploads/userfiles/files/57.pdf] и до настоящего времени не учитываются в национальном кадастре. На сегодня леса защитного и эксплуатационного назначения занимают 76,4 %, а резервные леса 23,6 % общей площади земель лесного фонда России. По состоянию на 2015 г. их площадь составляет порядка 200 млн га, а общий средний прирост запаса древесины оценивается в 244 млн $м^3$/год. С 2006 г. прошло 12 лет, за это время изменилась система управления лесами. В соответствии с современным лесным законодательством в резервных лесах проводятся мероприятия по охране от пожаров, защите от вредителей и болезней леса, осуществляется пользование лесов без промышленной заготовки древесины, проводятся хозяйственные мероприятия, хотя не полный их перечень и в ограниченном объеме, они включены в региональные лесные планы, т. е. есть основания

пересмотреть их исключение из национальной отчетности и отнести их к учетной категории «управляемых». В разработанной методике и в своих экспериментальных расчетах мы считаем обоснованным отнести к «управляемым» все леса страны, в том числе и резервные. По нашим оценкам только эти неучтенные в Национальном кадастре [http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/NIR-2017_v1_fin.pdf] резервные леса ежегодно поглощают порядка 120 млн т С/год. На рис. 1 показано пространственное распределение лесов преимущественно резервного назначения, которые с научной точки зрения, целесообразно включить в расчеты при подготовке национального кадастра по сектору ЗИЗЛХ.

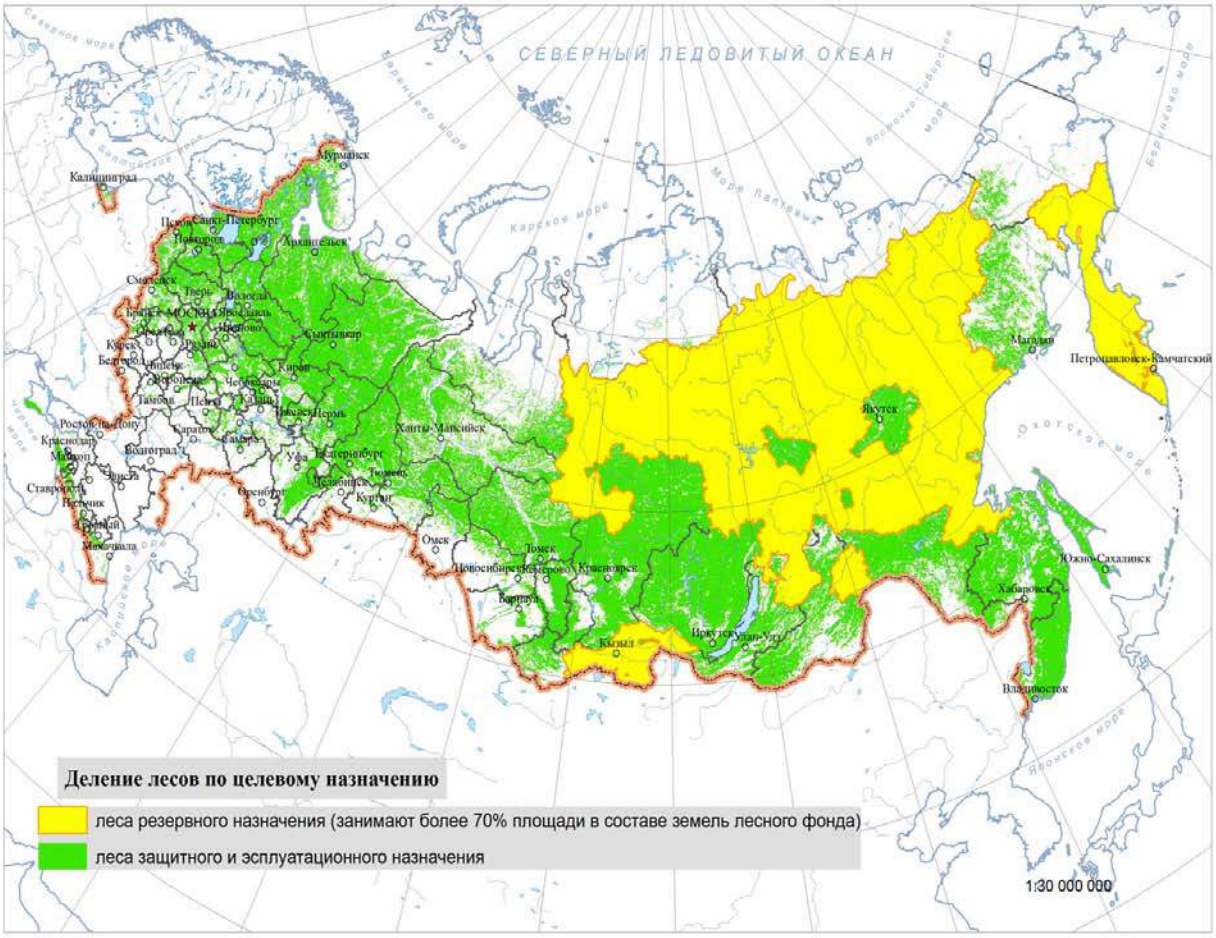


Рис. 1. Пространственное распределение лесов резервного целевого назначения
Fig. 1. Spatial distribution of "inaccessible" forests (wild forests in remote areas)

МГЭИК настоятельно рекомендует при ведении национального кадастра стоков парниковых газов по сектору ЗИЗЛХ использовать лесорастительное или лесотипологическое районирование [Руководящие принципы..., 2006]. В наставлениях, подготовленных группой международных экспертов МГЭИК, указано, что данные по сектору ЗИЗЛХ необходимо стратифицировать по географически обусловленным таксономическим единицам, для которых в итоге сформировать суммарную оценку накопления (депонирования) углерода и углеродного баланса. Лесорастительное районирование позволяет учесть в расчетах зависимость производительности лесов России от климатических и почвенно-геологических условий, их приуроченность к субарктическому и умеренному климатическим поясам. Прирост запаса стволовой древесины (производительность лесов) функционально связан с богатством лесорастительных условий. Запас и прирост

запаса стволовой древесины различных пород – это исходные параметры для расчетов запасов углерода и годичного накопления углерода лесами. К стратам лесорастительного районирования привязаны конверсионные коэффициенты для пересчета запаса стволовой древесины в надземную фитомассу и другие параметры расчетов, в том числе, соотношение подземной и надземной фитомассы, коэффициенты запаса углерода в лесной подстилке и пр. Увязка коэффициентов со стратами позволяет рассчитать запас углерода во всех резервуарах (пулах), рекомендованных МГЭИК для национального кадастра, – фитомассе, мертвом органическом веществе, подстилке, принимая во внимание особенности произрастания лесов на территории России. Стратификация лесов необходима при расчетах еще и потому, что она существенно уменьшает неопределенность оценок поглощения CO_2 лесами.

Нормативно-правовые документы, регламентирующие ведение лесного хозяйства в Российской Федерации, предусматривают использование лесорастительных зон и лесных районов, утвержденных Министерством природных ресурсов и экологии (Приказ от 23.12.2015 № 569, ред. от 21.03.16 № 83). В среде ArcGIS подготовлена карта деления территории России на лесные районы, которая постоянно обновляется нами по мере внесения изменений в нормативно-правовые документы. Созданная в программной среде ArcGIS цифровая основа с полигональным слоем лесных районов использована для стратификации территории России на «географически обусловленные таксономические единицы». На сегодня, согласно отраслевым нормативно-правовым документам, территория России подразделена на 8 лесорастительных зон и 41 лесной район. Функциональные возможности анализа геопространственных данных, доступные в ГИС (операции наложения и пересечения полигонов в ArcGIS), позволили увязать несколько вариантов лесорастительного районирования [Малышева и др., 2017] и сформировать страты, с которыми корреспондируются конверсионные коэффициенты для пересчета запаса стволовой древесины в фитомассу и другие параметры расчетов. Таким образом, с помощью инструментария ГИС идентифицированы однородные по лесорастительным условиям страты, со значениями коэффициентов, необходимых для численной оценки запасов и депонирования углерода лесами.

Подготовленная нами ранее цифровая основа с полигонами территориальных единиц управления лесами (лесничеств) России [Малышева и др., 2017] использована в настоящей работе для пространственной локализации данных по учетным единицам кадастра ПГ. Оверлейные процедуры ГИС позволили дифференцировать полигоны лесничеств по приуроченности к лесным районам, увязать площади лесных земель и запасы стволовой древесины с таксонами зонирования, а затем, используя конверсионные коэффициенты преобразования запасов стволовой древесины в фитомассу и другие параметры, рассчитать запасы и годичное накопление углерода в лесах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Переосмысление и расширение перечня объектов кадастра по сектору ЗИЗЛХ, геоинформационная поддержка методики работ для стратификации объектов кадастра по лесным районам, привязка данных на уровне лесничеств о площадях и запасах стволовой древесины к таксонам зонирования, дифференциация по лесным районам конверсионных коэффициентов, позволили рассчитать запасы углерода в лесах по лесничествам, оценить накопление углерода, провести расчеты эмиссий углерода по регионам и, в конечном итоге, оценить баланс углерода в лесах России. Геоинформационная поддержка оценки депонирования углерода лесами России и углеродного баланса опробована в ходе экспериментальных исследований по данным отраслевой и федеральной статистики за 2015 г.

Для пространственного представления результатов расчетов и локализации рассчитанных данных в границах объектов кадастра (лесных земель) потребовалось подготовить пространственную основу с полигонами лесных земель. Полигоны лесных земель сформированы в среде ГИС посредством преобразования карты лесов Российской Федерации, которая размещена в открытом доступе в растровых форматах (TIFF и ArcInfo GRID) [http://www.forestforum.ru/gis.php]. Исходная карта составлена по результатам дешифрирования космических снимков MODIS с пространственным разрешением 250 м в видимом диапазоне электромагнитного спектра и имеет географическую привязку. Выполнена векторизация растра с подразделением площадных объектов (полигонов) на две группы: лесные и нелесные земли. Полученная пространственная основа (базовая карта) в последующем использована для визуализации численных оценок запасов углерода в лесах России, годичного накопления запасов углерода, ежегодных потерь запасов углерода, вследствие воздействия неблагоприятных антропогенных факторов, и углеродного баланса.

Методика расчетов предусматривает использование ряда количественных и качественных показателей. Основными характеристиками продукционного и экологического потенциала лесов служат преобладающие древесные породы и их группы, возрастная структура лесов, запасы и годичный прирост запасов стволовой древесины. Реализация методических решений в ходе экспериментальной апробации разработанных алгоритмов позволила оценить запасы углерода в лесах в целом и по отдельным резервуарам (пулам), годичное накопление углерода лесами в целом и по пулам, годичные потери углерода в результате воздействия антропогенных факторов, баланс углерода в лесах по состоянию на 01.01.2016 г. Результаты расчетов представлены в картографической форме на заключительном этапе работ. На рис. 2 проиллюстрирована оценка годичного накопления углерода в биомассе лесов России (NEP). Карта дает пространственное представление о годичном стоке углерода и его соответствии с производительностью лесов разных древесных пород и групп возраста. Результаты наших расчетов годичного депонирования углерода лесами России, представленные пространственно, и суммарные оценки баланса углерода, схожи с численными оценками авторитетного научного коллектива Института прикладного системного анализа – IIASA [Швиденко, Щепащенко, 2014]. Расхождения оценок находятся в пределах неопределенности расчетов.

Полученные нами результаты интересно сопоставить с оценками, приведенными в последнем национальном кадастре ПГ по сектору ЗИЗЛХ, подготовленном Росгидрометом по данным за этот же период времени [http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/NIR-2017_v1_fin.pdf]. Сток углерода в управляемые леса лесного фонда обусловливает положительный баланс углерода или нетто-сток, который оценивается Росгидрометом в 160,7 Мт С/ год (без учета пула почв, но с коррекцией на поглощение углерода лесами, расположенными на землях особо охраняемых природных территорий, обороны и безопасности). Расчеты баланса углерода для лесов всех учетных категорий кадастра, выполненные по предлагаемой нами методике, показывают, что итоговая величина нетто-стока углерода – чистая биомная продукция (NBP) – составила в 2015 г. порядка 521,5 Мт С/год. По нашим оценкам базовая методика, принятая Росгидрометом для подготовки национальной отчетности по международным соглашениям, занижает нетто-поглощение углерода лесами (NBP) приблизительно на 360 М т С/год. При этом следует оговориться, что леса, как признает методология учета источников/поглотителей парниковых газов МГЭИК, относятся к объектам, оценка которых выполняется с высокой степенью неопределенности. Величина неопределенности достигает порядка 30 % в расчетах по обеим методикам [http://www.ncsf.ru/uploads/userfiles/files/57.pdf].

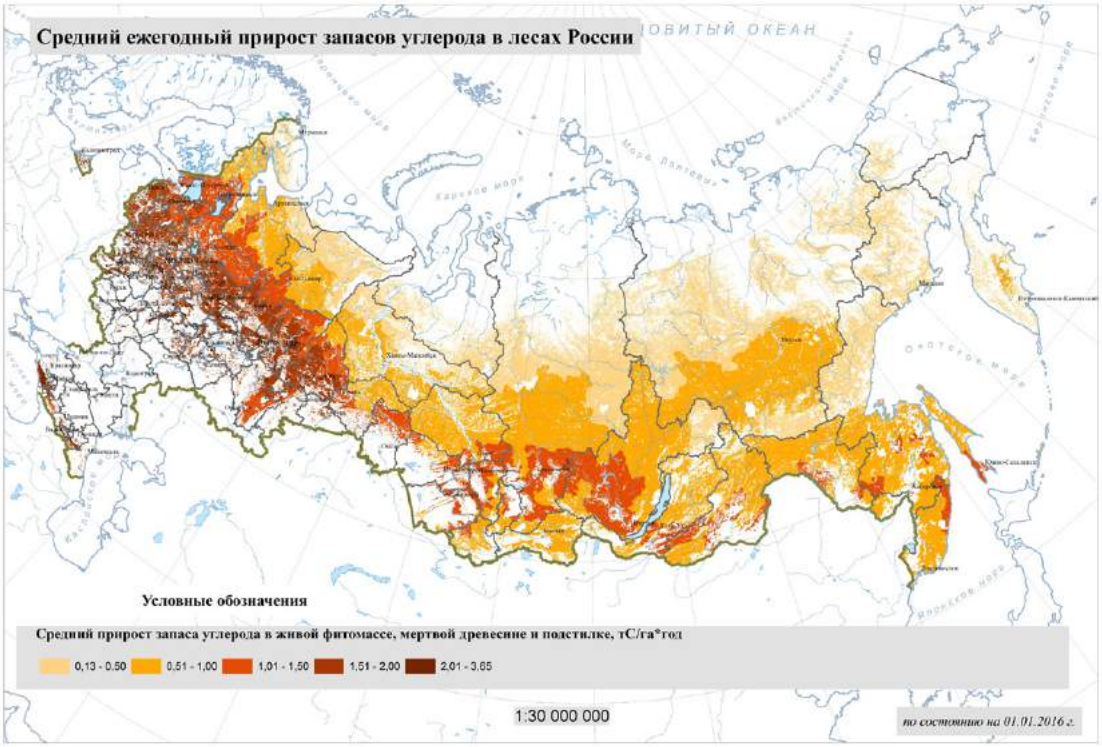


Рис. 2. Годичное накопление углерода в биомассе лесов России
Fig. 2. Net carbon absorption in biomass of the Russian forests

ВЫВОДЫ

С помощью инструментария ГИС идентифицированы страты, соответствующие современному отраслевому варианту лесорастительного районирования, со значениями конверсионных коэффициентов, необходимых для численной оценки годичного поглощения углерода лесами. Стандартные операции ГИС позволили привязать исходные данные по территориальным единицам управления лесами (лесничествам) к стратам с однородными лесорастительными условиями. Для территорий лесничеств с учетом площади, приуроченной к стратам, определены конверсионные коэффициенты для пересчета запасов стволовой древесины в надземную фитомассу и другие параметры расчетов, в том числе, соотношение подземной и надземной фитомассы, коэффициенты запаса углерода в лесной подстилке и пр. Выполнены расчеты запасов углерода и годичного прироста запасов углерода по лесничествам России, которые представлены в картографической форме.

Пространственно локализованы учетные единицы кадастра стоков и источников ПГ. Экспериментальные расчеты потерь запасов углерода, годичного накопления углерода и углеродного баланса в лесах России, выполненные по данным отраслевой и федеральной статистики за 2015 г., визуализированы в виде карт.

Сопоставление наших экспериментальных оценок с оценками, опубликованными в национальной отчетности по международным соглашениям, показывает, что расчеты, выполненные Росгидрометом по базовой методике для подготовки национальной отчетности по международным соглашениям, занижают нетто-поглощение углерода лесами (NBP) по состоянию на 01.01.2016 г. приблизительно на 60–70 %. Поскольку леса относятся к объектам, в которых учет источников/поглотителей парниковых газов выполняется с высокой степенью неопределенности, диапазон варьирования оценок для лесов таких обширных территорий и разнообразных по своему продукционному потенциалу как Россия, будет оставаться достаточно высоким.

Несмотря на большие расхождения в методах и результатах расчетов поглощения/эмиссий CO_2 в лесах России, общий итог оценки сводится к тому, что сток углерода в леса настоящее время сохраняется на высоком уровне по сравнению с базовым, согласно климатическим соглашениям 1990 г. Учитывая значительный вклад лесов России в поддержание углеродного баланса планеты, исследования, направленные на объективную оценку потенциала лесов по сокращению антропогенных выбросов ПГ, необходимо продолжать для согласования (сближения) методических подходов и снижения неопределенности результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Замолодчиков Д., Грабовский В., Курц В.* Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее, будущее // Устойчивое лесопользование. 2014. № 2 (39). С. 23–31.

2. *Малышева Н.В., Золина Т.А., Дедова В.Ю.* Оценка накопления углерода лесами России: геопространственный аспект // Интеркарто/ИнтерГИС 23. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017. Т. 1. С. 373–382. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-373-382.

3. Методика учета поглощения CO_2 в лесах Российской Федерации / А.А. Мартынюк, А.Н. Филипчук, Б.Н. Моисеев, Н.В. Малышева, В.В. Страхов, Т.А. Золина, А.Н. Югов, М.М. Паленова. Пушкино: ВНИИЛМ, 2017. 82 с.

4. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. М.: МГЭИК ВМО, 2003. 330 с.

5. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. ЗИЗЛХ. М.: МГЭИК ВМО, 2006. Т. 4. (русск. перевод). 93 с.

6. *Филипчук А.Н., Моисеев Б.Н., Малышева Н.В.* Методика учета поглощения CO_2 лесами России // Материалы 2-й Междунар. науч.-техн. конф. «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» 24–26 мая 2017 г. Санкт-Петербург / Под. ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. Т. 2. С. 155–158.

7. *Швиденко А.З., Щепащенко Д.Г.* Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69–92.

8. *Dolman A.J., Shvidenko A., Schepaschenko D., Ciais P., Tchebakova N., Chen T., van der Molen M.K., Belelli Marchesini L., Maximov T.C., Maksyutov S. and Schulze E.-D.* An estimate of the terrestrial carbon budget of Russia using inventory-based, eddy covariance and inversion methods. *Biogeosciences.* 2012. V. 9. P. 5323–5340. https://doi.org/10.5194/bg-9-5323-2012, 2012

9. *Forsell N., Turkovska O., Gusti M., Obersteiner M., den Elzen M., Havlik P.* Assessing the INDCs' land use, land use change, and forest emission projections. Carbon Balance and Management. 2016. 11 (26). P. 1–17. DOI:10.1186/s13021-016-0068-3.

10. *Krug J.* Accounting of GHG emissions and removals from forest management: long road from Kyoto to Paris. Carbon Balance and Management. 2018. P. 1–13. https://doi.org/10.1186/s13021-017-0089-6

11. *Kudeyarov V.N.* The role of soils in the carbon cycle. Euras. Soil Sci. 2005. V. 27. P. 246–250.

12. *Pan Y., Birdsey R., Fang J., Houghton R., Kauppi P., Kurz W., Phillips O., Shvidenko A. et al.* A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science.* 2011. V. 333. P. 988–993.

13. *Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M.Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F.* Estimation of forest area and its dynamics based on synthesis of remote sensing products. Contemporary Problems of Ecology. 2015. V. 8, No 7. P. 811–817. DOI: 10.1134/S1995425515070136.

REFERENCES

1. *Dolman A.J., Shvidenko A., Schepaschenko D., Ciais P., Tchebakova N., Chen T., van der Molen M.K., Belelli Marchesini L., Maximov T.C., Maksyutov S., Schulze E.-D.* An estimate of the terrestrial carbon budget of Russia using inventory-based, eddy covariance and inversion methods. Biogeosciences. 2012. V. 9. P. 5323–5340. web resource: https://doi.org/10.5194/bg-9-5323-2012, accessed 25.04.2018.

2. *Filipchuk A.N., Moiseev B.N., Malysheva N.V.* The methodology of accounting the CO_2 absorption in the Russian forests. Materialy 2-oj mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii «Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie» 24–26 maya 2017. Sankt-Peterburg, 2017. V. 2. P. 155–158 (in Russian).

3. *Forsell N., Turkovska O., Gusti M., Obersteiner M., den Elzen M., Havlik P.* Assessing the INDCs' land use, land use change, and forest emission projections. Carbon Balance and Management. 2016. No 11(26). P. 1–17. DOI: 10.1186/s13021-016-0068-3.

4. Good Practice Guidance for land, land use change and forestry. IPCC. 2003. 590 p. web resource: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html, accessed 25.04.2018.

5. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC. 2006. V. 4. 83 p. web resource: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf, accessed 25.04.2018.

6. *Krug J.* Accounting of GHG emissions and removals from forest management: long road from Kyoto to Paris. Carbon Balance and Management. 2018. P. 1–13. web resource: https://doi.org/10.1186/s13021-017-0089-6, accessed 25.04.2018.

7. *Kudeyarov V.N.* The role of soils in the carbon cycle. Euras. Soil Sci. 2005. V. 27. P. 246–250.

8. *Malysheva N.V., Zolina T.A., Dedova V.Yu.* Estimation of carbon sequestration by the Russian forests: geospatial issue. InterCarto/InterGIS 23. GIS support of sustainable development of territories in conditions of global climate change. Proc. of the International Conference. 2017. V. 1. P. 373–382 (in Russian). DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-373-382.

9. *Martynyuk A.A., Filipchuk A.N., Moiseev B.N., Malysheva N.V., Strahov V.V., Zolina T.A., Yugov A.N., Palenova M.* The methodology of counting the CO_2 absorbed by the forests of the Russian Federation. Pushkino: VNIILM, 2017. 83 p. (in Russian).

10. *Pan Y., Birdsey R., Fang J., Houghton R., Kauppi P., Kurz W., Phillips O., Shvidenko A. et al.* A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science, 2011. V. 333. P. 988–993.

11. *Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G.* The carbon budget of Russian forests. Sibirskii lesnoi zhurnal. 2014. No 1. P. 69–92 (in Russian).

12. *Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M.Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F.* Estimation of forest area and its dynamics in Russia based on synthesis of remote sensing products. Contemporary Problems of Ecology. 2015. V. 8, No 7. P. 811–817. DOI: 10.1134/S1995425515070136.

13. *Zamolodchikov D., Grabovskii V., Kurts V.* Carbon balance management of Russian forests: Past, Present and Future. Ustoichivoe lesopol'zovanie. 2014. No 2(39). P. 23–31 (in Russian).

УДК 504.54

Огурцов А.Н.[1], Дмитриев В.В.[2], Разживин В.Ю.[3]

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСТРОВА САХАЛИН К ЗАГРЯЗНЕНИЮ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ: ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследований по интегральной оценке потенциальной устойчивости почвенного покрова о. Сахалин к загрязнению нефтяными углеводородами (НУВ) с использованием ГИС-технологии. Для сравнения потенциальной устойчивости различных почв был использован АСПИД-метод интегральной оценки. Этот метод объединяет различные критерии и обеспечивает эффективный результат оценки устойчивости почв, который выражается в виде интегральных индексов. Полученные результаты сравнивались по интегральному индексу, который является мерой устойчивости почвы.

Определен основной перечень критериев, характеризующий различные аспекты потенциальной устойчивости почвенного покрова. Для оценки используются три группы показателей, отражающих процессы аккумуляции, деструкции и удаления нефтяных углеводородов.

Были разработаны два сценария оценки: равенство групп и приоритет деструкции и удаления над аккумуляцией. По двум оценочным сценариям для 103 почвенных полигонов рассчитаны интегральные индексы с учетом значимости (весомости) отдельных критериев устойчивости почвы к загрязнению НУВ.

Использование нечисловой и неточной информации, отражающей различные источники данных, позволило при расчете интегрального индекса создавать различные оценочные сценарии и выявлять «более чувствительные» или «инвариантные» районы по отношению к нефтяному загрязнению. Реализуется возможность ранжирования территории по устойчивости почвенного покрова с выявлением «чувствительных» и «инвариантных» состояний почвенных выделов, устойчивость которых не изменяется в различных информационных ситуациях. Апробация методики интегральной оценки, выполненная на примере о. Сахалин, показала, что свойства нефтяного углеводородного загрязнения существенным образом влияют на устойчивость почв.

Предлагаемый методический подход может быть полезен для лиц, принимающих решения по вопросам, связанным с охраной окружающей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почва, нефтяные углеводороды, оценка устойчивости, АСПИД, ГИС.

---

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург ВО, Россия, *e-mail:* **aogurcov@yandex.ru**

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург ВО, Россия, *e-mail:* **vasiliy-dmitriev@rambler.ru**

[3] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, ул. Профессора Попова, д. 2, 197376, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **volodyar@binran.ru**

Alexander N. Ogurtsov[1], Vasiliy V. Dmitriev[2], Vladimir Yu. Razzhivin[3]

RESISTANCE OF THE SOIL COVER OF THE ISLAND OF SAKHALIN TO POLLUTION BY OIL HYDROCARBONS: INTEGRATED ASSESSMENT AND GEOINFORMATION ANALYSIS

ABSTRACT

This article discusses results of researches on the integral estimation of potential resistance of a soil cover Sakhalin to pollution by petroleum hydrocarbons (PHc) with use of GIS-technology. To compare the potential resistance of different soils, the ASPID-method of integral estimation was utilized. This method integrates various criteria and provides an efficient result of estimating the resistance of soils, which is expressed in the form of integrated indices. The obtained results were compared by the integrated index which is a measure of the resistance of a soil.

A main list of indicators that reflect to different aspects of the potential resistance of the soil cover was defined. For the assessment three indicator groups, reflecting the processes of accumulation, destruction and removal of petroleum hydrocarbons are used. The integral assessment was designed with two different scenarios: equality of groups and priority of destruction and removal over accumulation. Integrated indices were obtained for two evaluation scenarios for 103 soil polygons taking into account the significance (weight) of separate criteria of soil resistance to PHc pollution.

The use of non-numerical and inaccurate information from different data sources has allowed the calculation of the integrated index to create different evaluation scenarios and to identify "more sensitive" or "invariant" areas in relation to PHc pollution. The possibility of ranking the territory according to the stability of the soil cover with the identification of "sensitive" and "invariant" states of soil secretions, the stability of which does not change in various information situations.

The testing of an integrated assessment performed on the example of Sakhalin Island revealed that the properties of the petroleum hydrocarbon contamination have a great impact on the resistance of the soils. This is confirmed by GIS visualization and identification on the map of differences in the assessment of the resistance of soil polygons located in different parts of the island under different assessment scenarios.

The suggested methodical approach can be useful for decision-makers on issues related to environmental protection.

KEYWORDS: soil, petroleum hydrocarbons, estimation of resistance, ASPID, GIS.

ВВЕДЕНИЕ

Сахалинская область относится к числу важнейших районов добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья. Технологические процессы в нефтегазовом комплексе неизбежно сопровождаются трансформацией окружающей среды и поступлением загрязняющих веществ в компоненты ландшафтов, что обусловливает актуальность исследований по оценке загрязнения окружающей среды нефтяными углеводородами

[1] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line, 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, *e-mail:* **aogurcov@yandex.ru**

[2] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line, 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, *e-mail:* **vasiliy-dmitriev@rambler.ru**

[3] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Professor Popov, 2, 197376, St. Petersburg str., Russia, *e-mail:* **volodyar@binran.ru**

(НУВ). Экологические последствия загрязнения затрагивают все компоненты ландшафта, но в первую очередь отражаются на почвенном покрове. В этой связи на первый план выносятся вопросы оценки потенциальной устойчивости почв, а также свойств и компонентного состава НУВ, которые определяют глубину и масштабы отрицательных эффектов воздействия НУВ. А поскольку покомпонентная оценка устойчивости почвы, как эмерджентного свойства «биокосной природной системы», не дает целостной картины геохимических трансформаций, то данная задача может быть решена в рамках интегрального подхода.

Следует отметить, что к настоящему времени накоплен достаточно большой объем информации, как практического, так и теоретического плана, отражающий различные аспекты устойчивости почвы к загрязнению НУВ. Как правило, совокупность факторов, способствующих сохранению относительного постоянства почвенных химических характеристик, разбивается на три смысловые группы.

К первой группе относят факторы, влияющие на процессы деструкции НУВ. Факторы, способствующие выносу НУВ за пределы почвенного контура, включены во вторую группу. В третью группу входят факторы, отражающие условия аккумуляции НУВ. Факторы второй и третьей группы могут быть сведены в одну группу, отвечающую за рассеяния НУВ. В дальнейшем по сочетанию качественных оценок групп факторов проводится сравнительное ранжирование территории по устойчивости почв к загрязнению НУВ. В частности, такие оценки и сравнительная характеристика почвенного покрова о. Сахалин по устойчивости к загрязнению НУВ приводятся в справочнике [Lodolo и др., 2003]. Согласно справочнику, почвы большей части севера Сахалина характеризуются низкой скоростью разложения углеводородов, умеренным и сильным их рассеянием, а горные и предгорные территории Южного Сахалина относят к районам с высокой скоростью разложения и сильным рассеянием углеводородов в почвенном покрове. В то же время трудно не согласиться с исследователями [Gennadiev, Pikovskii, 2007], которые отмечают качественный характер таких оценок, дающих лишь относительную характеристику устойчивости почвы в пределах рассматриваемой территории и выбранного масштаба. Несомненно, что при другом масштабе исследований внутри выбранных территорий оценки устойчивости почвы могут и будут отличаться как в качественном, так и в количественном отношении.

В настоящей статье приводятся результаты интегральной оценки потенциальной устойчивости почвенного покрова о. Сахалин к загрязнению нефтяными углеводородами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве территории исследования была выбрана Сахалинская область (в границах о. Сахалин). Почвенные полигоны электронной версии Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (ЕГРПР) [Единый государственный реестр..., 2014] легли в основу выбора операционных территориальных единиц (ОТЕ) оценки и построения карт устойчивости почвенного покрова. В электронной базе ЕГРПР содержится описание типов почв и почвенных комплексов по 103 почвенным полигонам. Исходная картографическая информация для оценки устойчивости привязывалась и рассчитывалась по контурам почвенных полигонов. В качестве источника картографической информации были использованы материалы Национального атласа почв Российской Федерации [Национальный атлас…, 2011] и Атласа Сахалинской области [Атлас Сахалинской области, 1967]. Выбор объектов оценки и картографирования, как известно, зависит от масштаба исследования. Геометрическая часть ЕГРПР представляет собой оцифрованные контуры почвенной карты масштаба 1 : 2500 000. Этому же масштабу соответствует информация из Национального атласа почв РФ. Показанные на карте контуры почв (полигонов) могут

являться неоднородными и содержать от 1 до 4 типов почв. Контуры конкретных типов почв, их свойства и устойчивость могут быть уточнены и картированы по результатам исследований более крупного масштаба. В то же время, неоднородности почвенных полигонов и отдельные почвенные характеристики косвенно могут быть учтены через показатель почвенной композиции полигона, который выражен долей (%) конкретной почвы в отдельном полигоне. В частности, авторами [Дмитриев и др., 2017] при интегральной оценке аккумуляции НУВ глеевый барьер задавался через долю (%) глеевой почвы в отдельном полигоне. Источником климатических данных дополнительно к картам служил табличный материал справочника по климату СССР [Научно-прикладной справочник…, 1990].

Другая часть информации по почвенным полигонам связана с атрибутивной базой данных ЕГРПР, отражающей характеристики и параметры различных типов почв и физико-географические условия почвообразования.

Пространственные операции с исходными данными проводились на базе ГИС Mapinfo. Непосредственно в среде ГИС с использованием алгоритмов интерполяции двухмерных функций в узлах сеточной области дискретностью 1901 х 523 и шагом 500 м проведен расчет и построение тематических поверхностей. Полученные значения критериев в узлах сетки привязывались к контурам почвенных полигонов. В систему почвенных контуров пересчитывались: годовая сумма температур поверхности почвы, превышающих 10 °С, количество осадков за теплый период, продолжительность безморозного периода на поверхности почвы, годовое количество осадков, расчлененность рельефа и уклон поверхности. В последующем осуществлялся экспорт значений критериев из ГИС через обменный формат MS Excel в систему интегральной оценки GEO-expert (рис. 1).

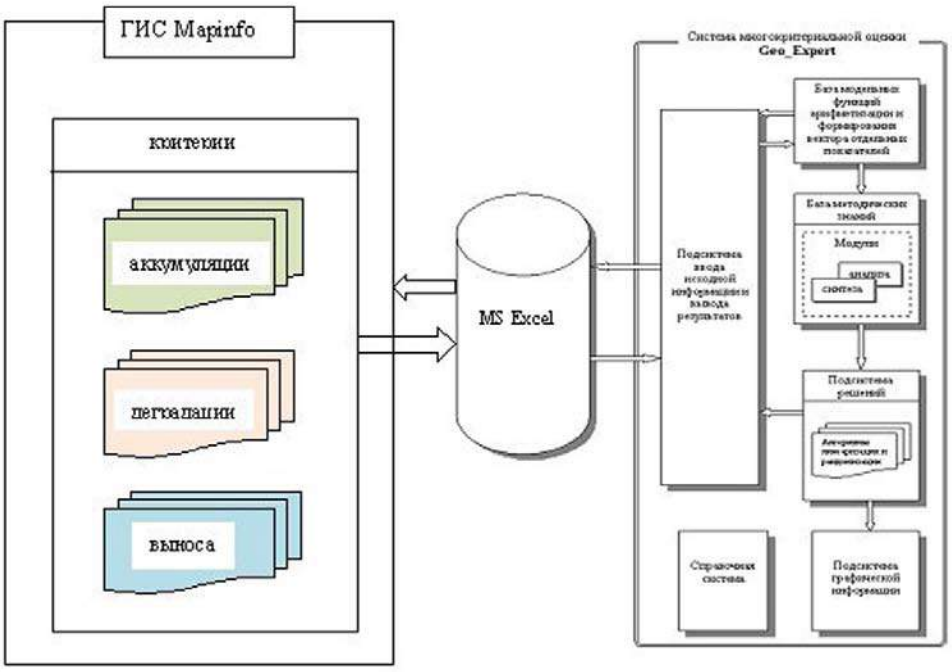


Рис. 1. Блок-схема методики построения карт интегральной оценки устойчивости почв
Fig. 1. Flowchart of the methodologyfor constructing maps of integral assessment of soil resistance

Анализ и систематизация исходной информации позволили на основании опыта прошлых лет [Огурцов и др., 2007; Машкин и др., 2013] и привлечения знаний и мнений других исследователей [Gennadiev, Pikovskii, 2007; Zamotaev et al., 2015] выделить три группы критериев, характеризующих различные аспекты устойчивости.

В первую группу были включены критерии, характеризующие способность почв закреплять нефтяные углеводороды, по которым нами ранее были рассчитаны индексы аккумуляции НУВ и проведена интегральная оценка [Дмитриев и др., 2017].

Во вторую группу отобраны критерии, способствующие физико-химической и биологической активности разложения НУВ:

- окислительно-восстановительный режим;
- годовая сумма температур поверхности почвы, превышающих 10 °С;
- количество осадков за теплый период;
- продолжительность безморозного периода на поверхности почвы.

В третью группу критериев вошли факторы, определяющие вынос и рассеивание НУВ в латеральном и радиальном направлениях:

- годовое количество осадков;
- тип водного режима;
- расчлененность рельефа;
- уклон поверхности;
- положение в ландшафте.

Расчеты интегрального показателя устойчивости осуществлялись в системе Geo_ expertпо методике, предложенной и опубликованной ранее авторами [Огурцов и др., 2007; Машкин и др., 2013; Дмитриев и др., 2017].

Эта система представляет собой компьютерную реализацию Excel версии АСПИД-методики анализа и синтеза показателей [Хованов, 1996].

Функционал системы позволяет:

- проводить интегральную оценку потенциальной устойчивости почвы к загрязнению НУВ на основе аддитивной свертки отдельных показателей в интегральный критерий (индекс);
- решать задачи по формализации и числовому представлению нечисловой, неточной и неполной информации, отражающей наши знания по различным аспектам оценки устойчивости почвы и свойствам НУВ;
- проводить организацию иерархической системы оценивания устойчивости почвы.
- Модель расчета интегрального индекса для *j-го*почвенного полигона может быть представлена как:

$$Q^{(j)} = q_1^{(j)} \times w_1 + q_z^{(j)} \times w_z + \cdots + q_1^{(j)} \times w_i, \quad (1)$$

где: $Q^{(j)}$– интегральный индекс устойчивости *j-го* почвенного полигона; $q^{(j)}$– отдельный показатель, характеризующий устойчивость *j-го* почвенного полигона с точки зрения величины *i-го* критерия; w_i – весовой коэффициент *i-го* критерия.

Отдельные показатели рассчитываются по нормирующим функциям вида:

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 0 \quad \text{при } x_i \le x_{\min} \\ ((x_i - x_{\min})/(x_{\max} - x_{\min}))^n \quad \text{при } x_{\min} \le x_i \le x_{\max}; \\ 1 \quad \text{при } x_i \ge x_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

и

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 1 \quad \text{при } x_i \le x_{\min} \\ ((x_{\max} - x_i)/(x_{\max} - x_{\min}))^n \quad \text{при } x_{\min} \le x_i \le x_{\max}. \\ 0 \quad \text{при } x_i \ge x_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

Выбор того или иного вида функциональной связи зависит от поведения функции. В частности, если при возрастании характеристики x_i от значения x_{min} до значения x_{max} оценка q_i возрастала от 0 до 1, то использовалась функция (2). Если же оценка q_i убывала от 1 до 0 при возрастании характеристики x_i от значения x_{min} до значения x_{max}, то использовалась функция (3). Необходимо отметить, что значения отдельных показателей, близкие к единице, свидетельствуют о высокой устойчивости, а близкие к нулю – о низкой.

Процесс построения интегральных показателей состоял из двух последовательных уровней обобщения имеющейся информации.

На первом иерархическом уровне по исходным критериям, указанным выше, рассчитывались интегральные индексы групп (индекс деградации, индекс выноса). Ранее в работе [Дмитриев и др., 2017] нами приведены расчеты и оценки индекса аккумуляции НУВ.

На втором иерархическом уровне рассчитывался интегральный индекс устойчивости почвы. В качестве исходной информации для расчета по формуле (1) на этом уровне служили индексы групп (первого уровня).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения вычислений интегральных индексов по группам на первом иерархическом уровне нами получены исходные значения для расчета интегрального индекса устойчивости по каждому из 103 почвенных полигонов.

На втором уровне, после проведения вычислений по формулам 2 и 3 на первом шаге, нами была сформирована система отдельных показателей (рис. 2, табл. 1), описывающих оценки устойчивости почвы с точки зрения трех отдельных критериев (индексов).

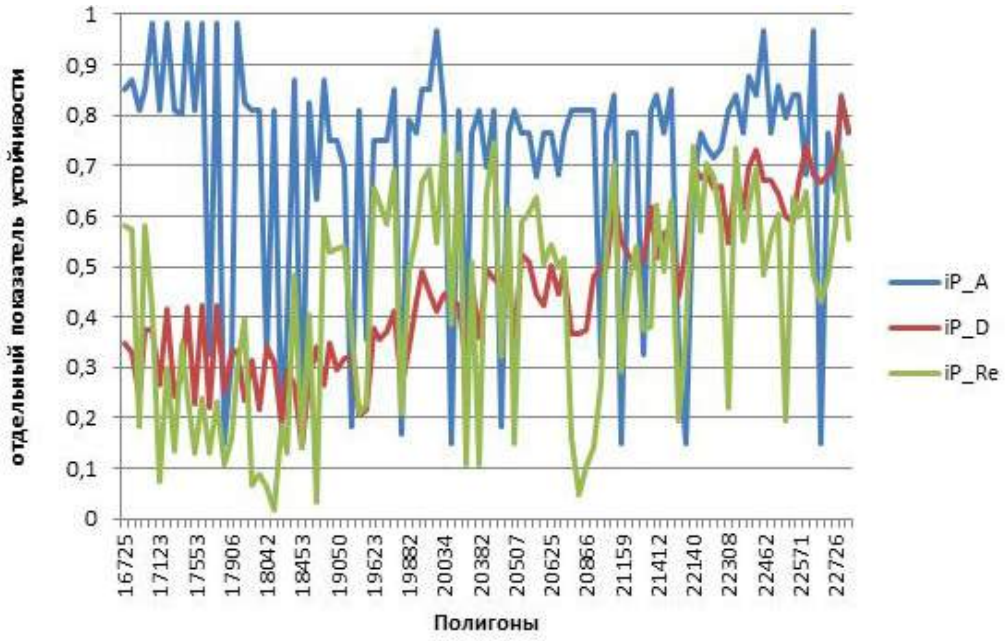


Рис. 2. Система отдельных показателей устойчивости почвы
к загрязнению НУВ второго уровня
Fig. 2. System of individual indicators of soil resistance to pollution
of the second level

Система отдельных показателей устойчивости почвы к загрязнению НУВ второго уровня включает индекс аккумуляции (iP_A), индекс деградации (iP_D) и миграционный индекс (iP_Re).

Таблица 1. Отдельные показатели устойчивости почвы к загрязнению второго уровня
Table 1. Individual indicators of soil resistance to pollution of the second level

Номер полигона	Индексы устойчивости			Номер полигона	Индексы устойчивости			Номер полигона	Индексы устойчивости		
	iP_A	iP_D	iP_Re		iP_A	iP_D	iP_Re		iP_A	iP_D	iP_Re
16725	0,852	0,349	0,582	**19623**	0,749	0,379	0,656	**21159**	0,149	0,549	0,292
16801	0,871	0,329	0,574	**19627**	0,749	0,355	0,624	**21163**	0,765	0,521	0,473
16951	0,809	0,243	0,183	**19636**	0,749	0,372	0,584	**21181**	0,765	0,500	0,539
16972	0,852	0,375	0,581	**19714**	0,852	0,412	0,690	**21318**	0,325	0,514	0,374
17112	0,982	0,374	0,410	**19848**	0,169	0,263	0,210	**21338**	0,809	0,619	0,382
17123	0,809	0,267	0,075	**19882**	0,792	0,341	0,492	**21412**	0,839	0,518	0,623
17254	0,982	0,414	0,298	**19908**	0,765	0,430	0,563	**21647**	0,765	0,564	0,489
17425	0,809	0,242	0,135	**19946**	0,852	0,490	0,668	**21649**	0,852	0,572	0,629
17447	0,801	0,288	0,347	**19953**	0,852	0,449	0,693	**21798**	0,324	0,442	0,195
17470	0,982	0,419	0,245	**20005**	0,967	0,412	0,548	**21920**	0,150	0,538	0,377
17553	0,809	0,229	0,129	**20034**	0,808	0,446	0,761	**22140**	0,664	0,702	0,740
17648	0,982	0,424	0,238	**20114**	0,150	0,435	0,385	**22177**	0,765	0,675	0,569
17696	0,324	0,220	0,130	**20306**	0,808	0,422	0,725	**22204**	0,739	0,685	0,704
17776	0,982	0,423	0,233	**20331**	0,341	0,309	0,109	**22209**	0,716	0,656	0,677
17862	0,149	0,250	0,107	**20358**	0,765	0,471	0,510	**22301**	0,735	0,660	0,581
17906	0,321	0,328	0,161	**20382**	0,809	0,360	0,108	**22308**	0,809	0,546	0,222
17913	0,982	0,333	0,295	**20398**	0,696	0,496	0,646	**22319**	0,839	0,673	0,734
17948	0,826	0,236	0,398	**20419**	0,808	0,475	0,745	**22380**	0,765	0,615	0,550
17998	0,809	0,314	0,068	**20425**	0,181	0,466	0,321	**22431**	0,876	0,696	0,621
18038	0,809	0,215	0,088	**20468**	0,765	0,518	0,615	**22432**	0,839	0,732	0,693
18042	0,321	0,340	0,064	**20507**	0,809	0,337	0,150	**22462**	0,967	0,670	0,482
18119	0,809	0,310	0,018	**20520**	0,765	0,523	0,587	**22502**	0,765	0,669	0,561
18215	0,184	0,187	0,187	**20535**	0,765	0,508	0,608	**22513**	0,857	0,643	0,603
18288	0,392	0,294	0,132	**20537**	0,677	0,447	0,637	**22526**	0,794	0,598	0,194
18439	0,871	0,264	0,483	**20563**	0,765	0,423	0,506	**22557**	0,839	0,589	0,637
18453	0,149	0,142	0,142	**20625**	0,765	0,503	0,544	**22571**	0,839	0,666	0,598
18460	0,826	0,280	0,405	**20708**	0,682	0,446	0,499	**22594**	0,682	0,740	0,649
18622	0,634	0,342	0,032	**20718**	0,765	0,494	0,518	**22595**	0,967	0,683	0,484
18981	0,871	0,267	0,594	**20751**	0,809	0,368	0,162	**22601**	0,150	0,666	0,430
19014	0,749	0,348	0,529	**20800**	0,809	0,367	0,048	**22713**	0,765	0,681	0,479
19050	0,749	0,297	0,536	**20866**	0,809	0,373	0,105	**22726**	0,648	0,717	0,587
19106	0,696	0,318	0,538	**20959**	0,809	0,481	0,141	**22772**	0,839	0,831	0,727
19125	0,181	0,321	0,372	**20963**	0,322	0,498	0,269	**22834**	0,765	0,769	0,554
19154	0,809	0,206	0,210	**21028**	0,765	0,499	0,551				
19285	0,357	0,216	0,227	**21040**	0,839	0,643	0,703				

Анализ данных рис. 2 и табл. 1 показывает, что при оценке почв уже по трем критериям мы сталкиваемся с проблемой их несравнимости в целом, когда по одним показателям один почвенный полигон более устойчив, чем другой, а по другим менее устойчив. Еще одним проявлением такой несравнимости является то, что по разным критериям «более устойчивыми» и «менее устойчивыми» с точки зрения устойчивости к загрязнению НУВ являются почвы разных полигонов. В частности, по индексу аккумуляции (iP_A) наибольшая устойчивость свойственна подзолам иллювиально-железистых полигонов 17112, 17254, 17470, 17648, 17776, 17913, по индексу деградации НУВ (iP_D) – буро-таежным (бурозем грубогумусовые) почвам полигона 22772, а по миграционному индексу (iP_Re) – подбурам сухоторфянистым полигона 20034. Более того, имеет место ситуация, когда почвы одного и того же полигона могут быть «наилучшими» по одним критериям и «наихудшими» – по другим. Например, дерново-глеевые и перегнойно-глеевые почвы полигона 22601 имеют большую устойчивость по индексу деградации, чем по аккумуляционному и миграционному индексам.

Такое проявление несравнимости в целом характерно для сложных систем. Ситуация с несравнимостью почвенных полигонов по степени устойчивости разрешается на следующем шаге путем расчета интегрального индекса устойчивости по формуле (1). При расчете интегрального индекса значимость (весомость) отдельных критериев считалась равной, т. е. iP_A = iP_D = iP_Re.

На следующем шаге для визуализации и пространственного анализа массив интегрального индекса, по которому составляется тематическая карта, в виде файлов Excel импортируется в ГИС Mapinfo с последующим объединением табличной и пространственной информации по номеру почвенного полигона.

В ходе составления тематической карты (рис. 3, а) была построена оценочная шкала. В нашем случае разбиение оценочной шкалы на градации осуществлялось методом естественных групп с выделением границ диапазонов значений интегрального индекса устойчивости. Количество градаций шкалы (классов устойчивости) задавалось равным 5:

наиболее неустойчивые (0,00–0,35);

неустойчивые (0,35–0,47);

относительно устойчивые (0,47–0,56);

устойчивые (0,56–0,64);

наиболее устойчивые (0,64–1,00).

Необходимость учета множества факторов обусловливает многовариантность возможных сценариев оценки потенциальной устойчивости почв к загрязнению НУВ, отражающих не только природные особенности территории, но и свойства углеводородного загрязнения. Согласно [Полезные ископаемые…, 2001] на сахалинских месторождениях НУВ преобладают запасы легких, маловязких, малосернистых и малопарафинистых нефтей. Как известно, легкие фракции нефтепродуктов разлагаются, испаряются и рассеиваются уже в первые недели и месяцы пребывания в почве [Капелькина, 2014; Околелова и др., 2015]. Эта информация дала авторам статьи основание при расчете весовых коэффициентов для групп (второй уровень свертки) отнести факторы деградации и выноса НУВ к числу более значимых критериев, чем факторы аккумуляции. Поэтому весовые коэффициенты для групп рассчитывались на основе нечисловой информации согласно условию: iP_D>iP_Re>iP_A.

Оценки весовых коэффициентов групп критериев приведены в табл. 2.

Таблица 2. Оценка весовых коэффициентов
Table 2. The values of the weight coefficients

Группы критериев оценки	**Весовые коэффициенты**
iP_A	0,08 ± 0,08
iP_D	0,64 ± 0,14
iP_Re	0,28 ± 0,10

Результаты расчетов интегрального индекса по этому сценарию и оценка устойчивости почвы представлены на рис. 3, б.

Пространственный анализ карт (рис. 3, а, б) и сопоставление двух расчетных сценариев оценки устойчивости свидетельствует о существенном их различии. Согласно представленным на рис. 3, а результатам, на территории о. Сахалин преобладают «относительно устойчивые» – «устойчивые» – «наиболее устойчивые» почвы. Среди них последние занимают 30 % полигонов (от числа полигонов). Лишь почвы 34 % полигонов можно отнести к категории «неустойчивых» – «наиболее неустойчивых».

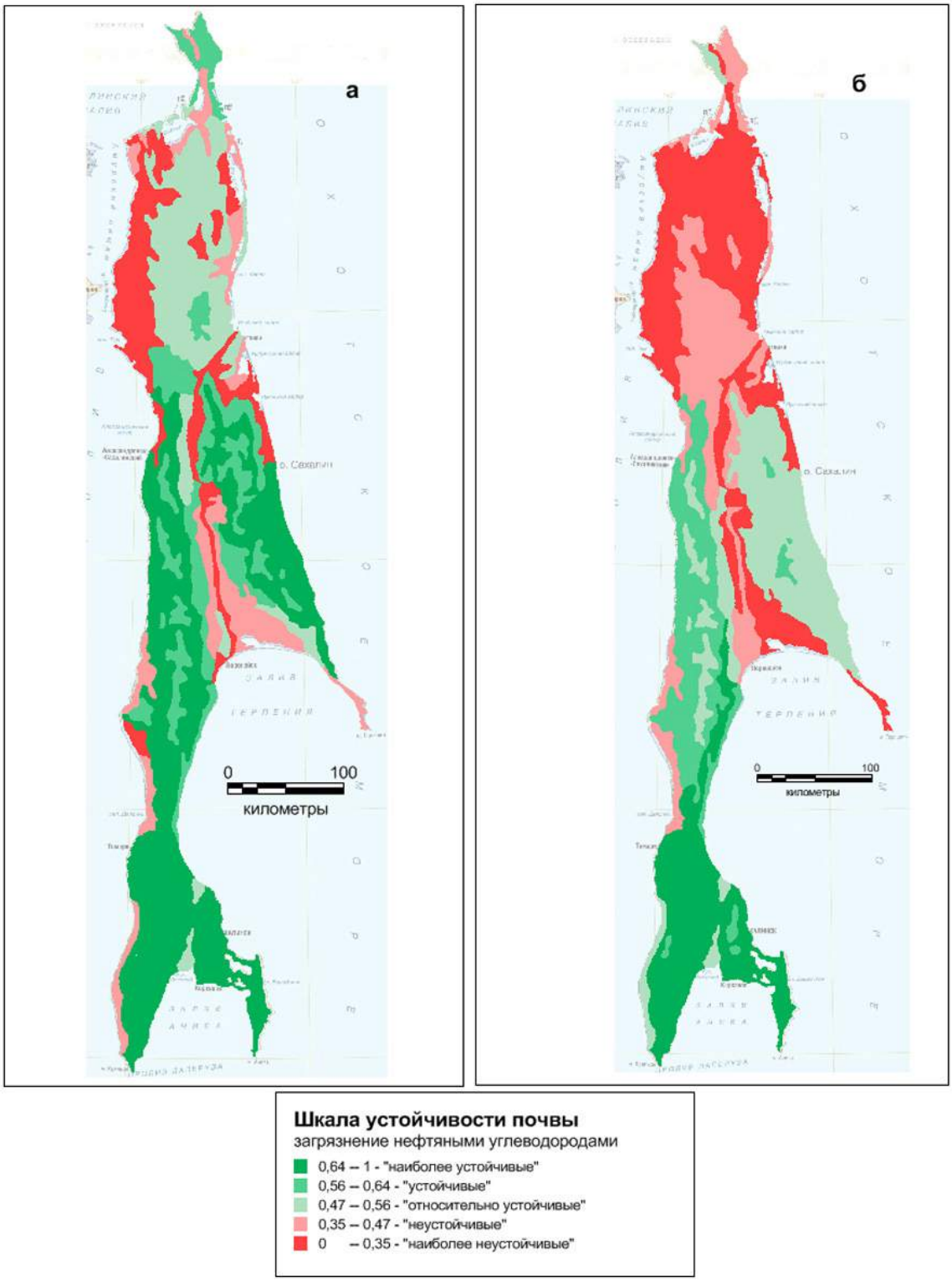


Рис. 3. Районирование почвенного покрова о. Сахалин
по устойчивости к загрязнению нефтяными углеводородами:
а – равенство «весов» учета групп факторов (сценарий 1); б – сценарий 2, учитывающий свойства НУВ

Fig. 3. Zoning of the Sakhalin Island soil cover for resistance
to petroleum hydrocarbon contamination:
a – equality of groups of factors (scenario 1); b – Scenario 2 that takes into account the properties of PHc

Иная ситуация складывается, когда в расчете учитываются свойства НУВ (рис. 3, б). Здесь уже процент почв ниже среднего, относительно устойчивого уровня, с оценкой «неустойчивые» – «наиболее неустойчивые» достигает 50 %. В наибольшей степени свойства НУВ отразились на «устойчивых» и «наиболее устойчивых» почвенных полигонах. Их количество уменьшилось на 44 %. Менее всего свойства НУВ затронули полигоны «относительно устойчивых» почв. Однако, если по первому сценарию к этой категории устойчивости в основном относятся подзолы северо-сахалинской низменности, то по второму сценарию область «относительно устойчивых» почв сместилась к юго-востоку в район распространения буроземов. Необходимо отметить, что в разных частях острова существуют обширные зоны, где превалируют низкие или высокие оценки устойчивости. В частности, в северной части острова почвенные полигоны с наиболее низким уровнем устойчивости к загрязнению НУВ отмечаются на северо-сахалинской низменности. Если в первом варианте расчета (рис. 3, а) они лишь прилегают к западному побережью острова – это в основном торфяные болотные верховые, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые почвы, а также подзолы глеевые торфянистые и торфяные, преимущественно иллювиально-гумусовые и торфянисто- и торфяно-глеевые болотные. Кроме того, наиболее низкий уровень устойчивости отмечен на отдельных участках распространения торфянисто- и торфяно-глеевых болотных, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевых почв и торфянисто- и торфяно-глеевых болотных почв в центральной и восточной частях низменности. По второму сценарию (рис. 3, б) наиболее низкие значения устойчивости захватывают область распространения подзолов (полигоны 17447 и 19948) и торфяных болотных верховых почв по их периферии. Полигоны с наиболее устойчивыми к загрязнению почвами в основном расположены в южной части острова в районе распространения буроземов.

Наряду с отмеченными изменениями наблюдается инвариантное состояние ряда почвенных полигонов, у которых остается неизменным уровень устойчивости к загрязнению НУВ в обоих расчетных сценариях. Действительно, согласно представленным картам видно, что торфяные болотные верховые, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые почвы полигонов 18622 и 18288 остаются в состоянии наибольшей неустойчивости, как при первом, так и при втором сценарии. Также в целом мы сталкиваемся с инвариантной ситуацией в южной части острова, в которой буроземы большей части полигонов сохраняют состояние наибольшей устойчивости при учете свойств углеводородного загрязнения по разным сценариям.

ВЫВОДЫ

Проведенные на базе АСПИД-метода и ГИС-технологии оценочные исследования по интегральной оценке позволили оценить устойчивость почвы к загрязнению НУВ и провести пространственный анализ устойчивости с учетом региональных особенностей территории острова Сахалин и свойств нефтяных углеводородов. По результатам интегральной оценки и пространственного анализа можно сделать следующие выводы:

– интегральный индекс, рассчитанный по АСПИД-методике с учетом значимости (весомости) отдельных критериев, можно использовать в качестве критерия устойчивости почвы к загрязнению НУВ;

– система отдельных критериев формируется с учетом почвенных свойств и почвообразующих факторов, а также свойств и состава углеводородного загрязнения;

– использование нечисловой и неточной информации, отражающей различные источники данных, позволяет при расчете интегрального индекса создавать различные оценочные сценарии и выявлять «более чувствительные» или «инвариантные» районы по отношению к воздействию;

– интеграция АСПИД-методики, с одной стороны, и геоинформационных систем, с другой, позволяет получать разноаспектную информацию по устойчивости, привязанную к почвенным контурам;

– реализуется возможность проводить ранжирование территории по устойчивости почвенного покрова с выявлением инвариантных состояний почвенных выделов, устойчивость которых не изменяется в различных информационных ситуациях;

– апробация методики интегральной оценки, выполненная на примере о. Сахалин, показала, что свойства нефтяного углеводородного загрязнения существенным образом влияют на устойчивость почв. Это подтверждается визуализацией и выявлением на карте значительных отличий в оценке устойчивости почвенных полигонов, расположенных в разных районах острова.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность Российскому Фонду Фундаментальных Исследований за поддержку исследований по оценке устойчивости в рамках выполнения гранта РФФИ № 16-05-00715-а, а также Институту наук о Земле СПбГУ за помощь в организации работ.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the Russian Foundation of Basic Research for supporting the studies on sustainability assessment within the framework of the RFBR grant No 16-05-00715-a, as well as to the Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University for assistance in organizing the works.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Сахалинской области / Под ред. Г.В. Комсомольского, И.М. Сирык. Изд. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М., 1967. 135 с.
2. *Дмитриев В.В., Огурцов А.Н., Разживин В.Ю.* Интегральная оценка и геопространственный анализ аккумуляции нефтяных углеводородов в почвенном покрове острова Сахалин. Материалы Междунар. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2017. V. 3(23). P. 143–154. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-143-154.
3. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с.
4. *Капелькина Л.П.* Особенности установления региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти в почвах // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 3 (15). С. 102–107.
5. *Машкин Ю.Л., Орлов С.В., Разживин В.Ю., Огурцов А.Н.* Интегральная оценка и пространственный анализ потенциальной устойчивости почвенного покрова большеземельской тундры к загрязнению нефтяными углеводородами // Инженерные изыскания. 2013. № 13. С. 60–67.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 34. Сахалинская область / Под ред. Е.П. Борисенкова. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 351 с.
7. Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. чл.-корр. РАН С.А. Шобы. М.: АСТРЕЛЬ, 2011. 632 с.
8. *Огурцов А.Н., Разживин В.Ю., Пигольцина Г.Б., Хованов Н.В.* Геоинформационный анализ и синтез показателей устойчивости почвенного покрова к загрязнению нефтяными углеводородами при информационном дефиците // ИнтерКарто/ИнтерГИС-13: устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы Междунар. конф.

Ханты-Мансийск – Йеллоунайф, 12–24 августа 2007 г. Ханты-Мансийск: Изд-во Полиграфист, 2007. Т. 1. С. 189–196.
9. Особенности накопления и трансформации нефтепродуктов в почвах: монография / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова, Н.Г. Кастерина. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. 104 с.
10. Полезные ископаемые Сахалинской области / Под ред. А.М. Меренкова. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное изд-во, 2001. 155 с.
11. *Хованов Н.В.* Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. 204 с.
12. *Lodolo A., Гречищева Н.Ю., Мещеряков С.В., Рыбальский Н.Г., Снакин В.В., Барсов А.Р., Кулындышев В.А.* Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Справочник. М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2003. 258 с.
13. *Gennadiev A.N., Pikovskii Yu.I.* The maps of soil tolerance toward pollution with oil products and polycyclic aromatic hydrocarbons: methodological aspects // Eurasian Soil Science. 2007. T. 40, No 1. P. 70–81.
14. *Zamotaev I.V., Ivanov I.V., Mikheev P.V., Nikonova A.N.* Chemical Contamination and Transformation of Soils in Hydrocarbon Production Regions, Eurasian Soil Science. 2015. V. 48, No 12. P. 1370–1382.

REFERENCES

1. *Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N., Razzhivin V.Y.* Integrated assessment and geospatial analysis of accumulation of petroleum hydrocarbons in the soil cover of Sakhalin island. *Proceedings of the International conference* "*InterCarto/InterGIS*". 2017. V. 23 (3). P. 143–154 (in Russian). DOI:10.24057/2414-9179-2017-3-23-143-154.
2. *Gennadiev A.N., Pikovskii Yu.I.* The maps of soil tolerance toward pollution with oil products and polycyclic aromatic hydrocarbons: methodological aspects. Eurasian Soil Science. 2007. T. 40, No 1. P. 70–81.
3. *Hovanov N.V.* Analysis and synthesis of indicators at information deficiency SPb. 1996. 196 p. (in Russian).
4. *Kapelkina L.P.* Specific features of establishing regional standards for the permissible residual oil content in soils. Naukaitehnologii truboprovodnogo transporta nefti I nefteproduktov. 2014. No 3 (15). P. 102–107 (in Russian).
5. *Lodolo A., Grechischeva N.Yu., Meshcheryakov S.V., Rybalsky N.G., Snakin V.V., Barsov A.R., Kulyndyshev V.A.* Technologies for the restoration of soils contaminated with oil and oil products. Spravochnik. M.: RJeFIA, NIA-Priroda, 2003. 258 p. (in Russian).
6. *Mashkin Ju.L., Orlov S.V., Razzhivin V.Ju., Ogurtsov A.N.* Integrated assessment and spatial analysis of potential resistance of a soil cover of Bolshezemelskaya Tundra to pollution by oil hydrocarbons. Inzhenernye izyskanija. 2013. No 13. P. 60–67 (in Russian).
7. Minerals of the Sakhalin region / Pod red. A.M. Merenkova. Juzhno-Sahalinsk: Sahalinskoe knizhnoe izdatel'stvo, 2001. 155 p. (in Russian).
8. *Ogurtsov A.N., Razzhivin V.Ju., Pigol'cina G.B., Hovanov N.V.* Geoinformation analysis and synthesis of indicators of soil cover resistance to pollution by petroleum hydrocarbons with information deficit. InterCarto-InterGIS 13: ustojchivoe razvitie territorij: teorija GIS I prakticheskij opyt. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii Hanty-Mansijsk – Jellounajf, 12–24 august 2007. Hanty-Mansijsk: Izd-vo Poligrafist, 2007. T. 1. P. 189–196 (in Russian).
9. *Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S., Kasterina N.G.* Features of accumulation and transformation of petroleum products in soils: monograph. Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2015. 104 p. (in Russian).

10. Scientific-applied climate guide of the USSR. Series 3. Multi-year data. Part of the 1–6. Issue 34. Sakhalin Oblast. Pod red. E.P. Borisenkova. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 351 p. (in Russian).
11. The atlas of the Sakhalin region / Edited by G.V. Komsomol'skiy, I.M. Siryk. Izd. Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR. M., 1967. 135 p.
12. The Soil Atlas of the Russian Federation / Pod red. chl.-korr. RAN S.A. Shoby. M.: ASTREL', 2011. 632 p. (in Russian).
13. Unified state register of soil resources of Russia. Version 1.0. Kollektivnaja monografija. M.: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva Rossel'hozakademii, 2014. 768 p. (in Russian).
14. *Zamotaev I.V., Ivanov I.V., Mikheev P.V., Nikonova A.N.* Chemical Contamination and Transformation of Soils in Hydrocarbon Production Regions, Eurasian Soil Science. 2015. V. 48, No 12. P. 1370–1382.

УДК 577.346

Трофимец Л.Н.[1], Паниди Е.А.[2], Кочуров Б.И.[3], Иванеха Т.Л.[4], Петелько А.И.[5]

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦЕЗИЯ-137 ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ КАК ИДЕНТИФИКАТОРА ПОТЕРИ ПОЧВОЙ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ (ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА) ВСЛЕДСТВИЕ ЭРОЗИИ

АННОТАЦИЯ

В работе излагаются результаты поиска количественных зависимостей содержания подвижного фосфора от величины удельной активности цезия-137 (как индикатора интенсивности эрозионных процессов за период с 1986 г.). В основу математической модели зависимостей положены материалы тахеометрической съемки и отбора проб почвы весной 2016 г. в 200 точках на экспериментальном полигоне в пределах распахиваемого склона в бассейне р. Сухой Орлицы (бассейн верхней Оки). Использование спутниковых снимков сверхвысокого пространственного разрешения и карт морфометрических характеристик рельефа, рассчитанных средствами ГИС, позволили объяснить выявленные общие закономерности в распределении подвижного фосфора, гумуса и удельной активности цезия-137 на склоновой поверхности.

Получена статистически значимая зависимость содержания подвижного фосфора от удельной активности цезия-137 для сравнительно плоской водораздельной поверхности распахиваемого склона с элементами полигонально-блочного микрорельефа. В тальвегах микроручьев на склоне (в зоне вогнутой части склона южной экспозиции, у его основания) обнаружено, что при низких, обусловленных смывом, значениях удельной активности цезия-137 содержание подвижного фосфора в измеряемой точке высокое. Такое положение объясняется особенностями распределения как подвижного фосфора, так и гумуса по почвенному профилю. Второй гумусовый горизонт пополняет пахотный горизонт на участках смытых почв (в тальвегах ручьев) подвижным фосфором органического происхождения. Этот вывод позволяет судить о том, что использование активности цезия-137 при изучении влияния смыва на фосфатное состояние серых лесных почв склоновых агроландшафтов имеет определенные ограничения для тальвегов эрозионных форм. В заключительной части сделан вывод о необходимости проведения дополнительных исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ложбины, смыв, полигонально-блочный микрорельеф, тальвег ручья, ГИС, спутниковые снимки, цезий-137 чернобыльского происхождения, гумус, подвижный фосфор.

---

[1] Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Институт естественных наук и биотехнологии, каф. географии, ул. Комсомольская, д. 95, 302026, Орёл, Россия, *e-mail*: **trofimetc_l_n@mail.ru**

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, каф. картографии и геоинформатики, 10 линия ВО, д. 33, 199178, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: **panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru**

[3] Институт географии РАН, Старомонетный пер., д. 29, 119017, Москва, Россия, *e-mail:* **camertonmagazin@mail.ru**

[4] Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский», ул. Молодежная, д. 7, 302502, пос. Стрелецкий, Орловский район, Россия, *e-mail:* **ivaneha.taras@gmail.com**

[5] Новосильская ЗАГЛОС, ул. Семашко, 2а, 303035, Мценск, Россия, *e-mail:* **zaglos@mail.ru**

Lyubov N. Trofimetz[1], Evgeny A. Panidi[2], Boris I. Kochurov[3], Taras L. Ivaneha[4], Anatoly I. Petelko[5]

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES OF CHERNOBYL ORIGIN CESIUM-137 USE AS AN SOIL NUTRIENTS (MOVABLE PHOSPHORUS) LOSS DUE TO EROSION

ABSTRACT

The paper presents results estimation of quantitative dependences between amount of movable phosphorus and specific activity of cesium-137 (which can be used indicator of the erosion processes intensity in the period since 1986). The mathematical model of the dependencies is based upon the data of topographic survey and soil sampling in the spring of 2016 (200 sampling points were used on the experimental area within the arable slope, in the basin of Suhaya Orlitsa river that is part of the basin of upper Oka river). The very high spatial resolution satellite imagery and maps of morphometric characteristics of the microrelief (produced by means of GIS) allowed to explain the revealed general dependances between the distribution of movable phosphorus, humus and specific activity of cesium-137 in soil material on the slope surface.

The statistically significant dependence between the amount of movable phosphorus and the specific activity of cesium-137 was obtained for a relatively flat watershed surface of the arable slope complicated with elements of polygonal-block microrelief. It was found out that low (due to runoff) values of cesium-137 specific activity correspond to the high amounts of movable phosphorus in the thalwegs of micro streams on the concave part of the southern exposure slope at the down part of the slope. This situation can be explained by the features of the distribution of both movable phosphorus and humus along the soil profile. The second humus horizon replenish the arable horizon in areas of washed out soil (in the thalwegs of streams) with phosphorus of organic origin. This conclusion means that the use of cesium-137 activity in the study of soil runoff impact onto the phosphate status of gray forest soils on the slope agrolandscapes has some limitations in the case of the thalwegs of erosion forms. The final part of the paper concludes that additional research is needed.

KEYWORDS: Ravines, Soil Runoff, Polygonal-block Microrelief, Stream Thalweg, GIS, Satellite Imagery, Chernobyl Origin Cesium-137, Humus, Movable Phosphorus.

ВВЕДЕНИЕ

Эрозионные процессы являются как фактором, снижающим плодородие почв, так и, одновременно, фактором, перераспределяющим привнесенные в почву (с целью улучшения ее плодородия) химические компоненты. Изучение воздействия эрозии на свойства пахотных почв и количественная оценка этого воздействия в разных элементах рельефа – непременное условие сбалансированного ведения земледелия, в том числе, при внедрении принципов прецизионного земледелия. Изучение эрозии на территориях, географически

[1] Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography, Komsomolskaya str., 95, 302026, Orel, Russia, *e-mail:* **trofimetc_l_n@mail.ru**

[2] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, St. Petersburg, 10th line VO, 33, 199178, Russia, *e-mail:* **panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru**

[3] Institute of Geography RAS, Staromonetniy per. 29, 119017, Moscow, Russia, *e-mail:* **camertonmagazin@mail.ru**

[4] Center of Chemicalization and Agricultural Radiology "Orlovsky", Molodezhnaya str., 7, 302502, Orel, Russia, *e-mail:* **ivaneha.taras@gmail.com**

[5] Novosilskaya ZAGLOS, Semashko str., 2a, 303035, Mtsensk, Russia, *e-mail:* **zaglos@mail.ru**

находящихся в перигляциальной зоне, неизбежно требует укрупнения масштаба исследований. Это обусловлено особенностями строения поверхности. Водораздельные поверхности в перигляциальной зоне северной лесостепи в пределах Восточно-Европейской равнины осложнены элементами полигонально-блочного микрорельефа [Марусова, 2005; Алифанов и др., 2010]. Склоновые поверхности экспериментального полигона нарушены ложбинными эрозионными формами, к которым присоединяются эрозионные формы природно-антропогенного происхождения (ручьи, формирующиеся по колеям от сельхозтехники и существующие в период высокого стока). Несмотря на неоднозначное отношение исследователей к выявлению элементов полигонально-блочного рельефа на изучаемой территории [Шарый, 2005], эти формы на спутниковых снимках сверхвысокого пространственного разрешения просматриваются (рис. 1), следовательно, их учет в схемах расчета эрозии необходим. В наших исследованиях обнаружено, что на водораздельных поверхностях размеры блоков изменяются от 15 до 30 м. Межблочные понижения имеют ширину от 2 до 20 м [Трофимец, Паниди, 2014]. Превышения блоков над межблочьями – от 30 до 100 см. Длины как древовидных, так субпараллельных ложбин [Еременко, 2009] оцениваются в первые сотни метров. Глубина – от 60–100 см до 2,5 м. Изучение смыва почвы в таких ландшафтных условиях возможно только при условии применения комплекса методов [Трофимец, Паниди, 2016; Трофимец и др., 2017]. В исследовании использовались следующие методы: почвенно-морфологический (при назначении опорного значения удельной активности цезия-137), тахеометрическая съемка (для описания в крупном масштабе рельефа экспериментального участка), радиоцезиевый метод (для определения смыва почвы в точке), дистанционные методы (при установлении местоположения элементов полигонально-блочного, ложбинного рельефа и современных ручьев природно-антропогенного происхождения), ГИС (при изучении возможностей количественного описания рельефа с целью получения зависимостей почвенных свойств от удельной активности цезия-137 как индикатора смыва почвы в точке пробоотбора).

Основная цель работы – выявление пространственных закономерностей распределения некоторых показателей почвенного плодородия (исследовалось фосфатное и, частично, гумусное состояние серых лесных пахотных почв) в связи с проявлением эрозии в условиях полигонально-блочного и ложбинного рельефа. Интенсивность эрозии идентифицировалась удельной активностью цезия-137 чернобыльского происхождения [Маркелов, 2004; Голосов, 2006]. В связи с этим, исследовалась возможность установления количественных зависимостей содержания подвижного фосфора (как показателя продуктивности почвы) от удельной активности цезия-137 чернобыльского происхождения (как индикатора интенсивности эрозии).

Объект исследования – серые лесные пахотные почвы на распахиваемом склоне южной экспозиции в бассейне р. Сухой Орлицы (бассейн верхней Оки).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены результаты экспериментальных исследований распределения (латерального и по глубине) удельной активности почвы по цезию-137, гумусу и подвижному фосфору. Гумусное и фосфатное состояние почвы оценивалось в точках пробоотбора весной 2016 г. при проведении тахеометрической съемки. Съемка выполнялась в масштабе 1 : 500. На необходимость крупномасштабных исследований «поперечной дифференцированности процессов смыва, размыва, аккумуляции», которая выявляется не при изучении почвенно-геоморфологических профилей (катен), а при анализе морфологии склонов вдоль долинно-балочной сети, указывал Д.А. Тимофеев [Тимофеев, 2011]. Многие ученые [Степанов, 1995; Марусова, 2005; Алифанов и др., 2010] исследо-

вали почвенные свойства в связи с микрорельефом перигляциальных областей, которые отличаются названной Д.А. Тимофеевым «поперечной дифференцированностью». Свойства цезия-137 как индикатора интенсивности смыва почвы изучались многими исследователями как отечественными, так зарубежными [Owens, Walling, 1996; Голосов, 2000, Fulajtar, 2003; Маркелов, 2005]. В настоящей статье делается попытка ответить на вопрос, возможно ли с помощью такого индикатора смытых почв как цезий-137 чернобыльского происхождения, оценивать влияние эрозионных процессов на некоторые показатели продуктивности серых лесных почв (в частности, на содержание подвижного фосфора в современном пахотном горизонте).

В работе использованы спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения, предоставленные DigitalGlobe Foundation. Описание морфологической структуры рельефа осуществлялось по данным расчета и картографирования морфометрических переменных в среде ГИС. Карта площади водосбора была построена по методу DEMON [Costa-Cabral, Burges, 1994]. Профильная кривизна рассчитывалась по формуле, предложенной Эвансом [Evans, 1972]. Для обработки данных и построения морфометрических карт использовалось программное обеспечение ArcGIS. Радиологический анализ проб почвы производился на УСК «Гамма Плюс» (радиоцезиевый метод).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Отбор проб почвы в горизонте 0–25 см в мае 2016 г., во время проведения тахеометрической съемки на склоне южной экспозиции в бассейне р. Сухой Орлицы Орловского района Орловской области и определение в образцах удельной активности цезия-137, гумуса, подвижного фосфора P_2O_5 позволили обобщить полученные результаты в виде карт, построенных в среде ГИС. В распределении P_2O_5 на распахиваемом склоне можно выделить как минимум пять зон (рис. 1).

Зона 1 – зона транзита на склоне смежной балки (склон северной экспозиции смежной балки). Профильная кривизна в этой зоне положительная или слабоотрицательная (не менее –0,0002), что свидетельствует о преобладании смыва над аккумуляцией. Зона 2 – водораздельная поверхность. Профильная кривизна положительная или слабоотрицательная. Зона 3 – зона транзита. Профильная кривизна положительная или слабоотрицательная. Зона 4 – зона аккумуляции. Профильная кривизна отрицательная (менее –0,0002). Между зонами 4 и 5 – зона транзита. Профильная кривизна в промежуточной зоне преимущественно положительная, что говорит о преобладании смыва над аккумуляцией. Зона 5 – зона аккумуляции у основания склона южной экспозиции. Профильная кривизна отрицательная (менее –0,0002).

Обнаружены следующие особенности в распределении подвижного фосфора. На склоне северной экспозиции смежной балки (крайняя трансекта у лесополосы на рис. 2) подвижный фосфор имеет повышенную вариабельность (от 6,6 до 9,3 мг/100 г) при выраженной тенденции к сниженным значениям (таблица). Объяснить низкие значения подвижного фосфора можно интенсивной распашкой сравнительно плоской поверхности у края дороги, идущей вдоль поля и выносом питательных веществ с урожаем. Анализ карты низких (менее 4 %) значений гумуса в пахотном слое 0–25 см (рис. 2) показал, что к этой зоне приурочена и зона низких значений подвижного фосфора.

На рис. 2 видно, что не только на водораздельном участке распахиваемого склона, но и на межложбинных водоразделах содержание гумуса и подвижного фосфора пониженное. Объяснить пониженные запасы питательных веществ на межложбинных водоразделах можно теми же причинами (более интенсивной распашкой и выносом веществ с урожаем).

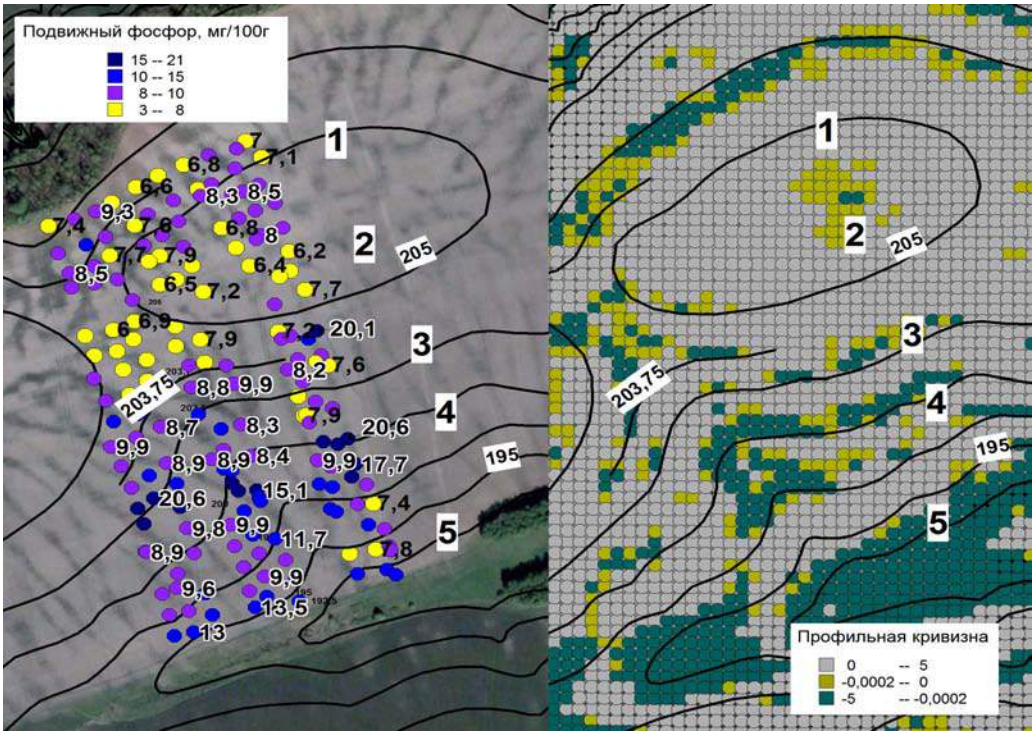


Рис. 1. Зоны, выделенные по содержанию подвижного фосфора в пахотном горизонте (слева, поверх спутникового снимка); На водораздельной поверхности видны светлые полигоны – блочные повышения и темные межблочные понижения. Темные полосы вдоль простирания склона – древние ложбины стока; Справа – фрагмент карты профильной кривизны

Fig. 1. Zones separated due to the content of movable phosphorus in the arable horizon (on the left), satellite image on the background; Light blocks and dark interblock depressions are visible on the watershed surface; Dark stripe along the slope are the ancient ravines. The fragment of profile curvature map on the right

Причину вариабельности значений подвижного фосфора в пахотном горизонте следует искать во влиянии эрозионного расчленения поверхности. На тех участках склона, где поверхность нарушена эрозионной сетью (что хорошо видно на спутниковом снимке и на карте площади водосбора на рис. 4), наблюдается большая вариабельность содержания в почве подвижного фосфора. Это отмечено, в частности, на крайней трансекте (на краю поля, у дороги). Здесь поверхность испещрена короткими микроложбинами (рис. 4). На карте площади водосбора ложбины изображены темными извилистыми линиями. При движении к линии водораздела (к зоне 2) увеличивается содержание в почве подвижного фосфора (трансекта в зоне 1 на рис. 3). Здесь, как видно на карте площади водосбора (рис. 4), поверхность изрезана лишь верхними звеньями микроложбин, еще неглубокими, слабо выраженными в рельефе. Смыв почвы небольшой. Содержание подвижного фосфора в почве более высокое (выше 8 мг/100 г) в сравнении с трансектой на краю поля (6,6–7,4 мг/100 г). При приближении к линии водораздела содержание подвижного фосфора в почве вновь снижается до 8 мг/100 г и менее (в пределах 2 зоны). Вдоль трансекты в зоне 2 на рис. 3 выделяется явно выраженная «полоса» сниженных (менее 8 мг/100 г) значений подвижного фосфора. На карте площади водосбора это место водораздела характеризуется практически полным отсутствием эрозионных борозд. Именно здесь распашка и вынос с урожаем питательных веществ особенно сильно влияют на снижение запаса в пахотном горизонте и гумуса и подвижного фосфора.

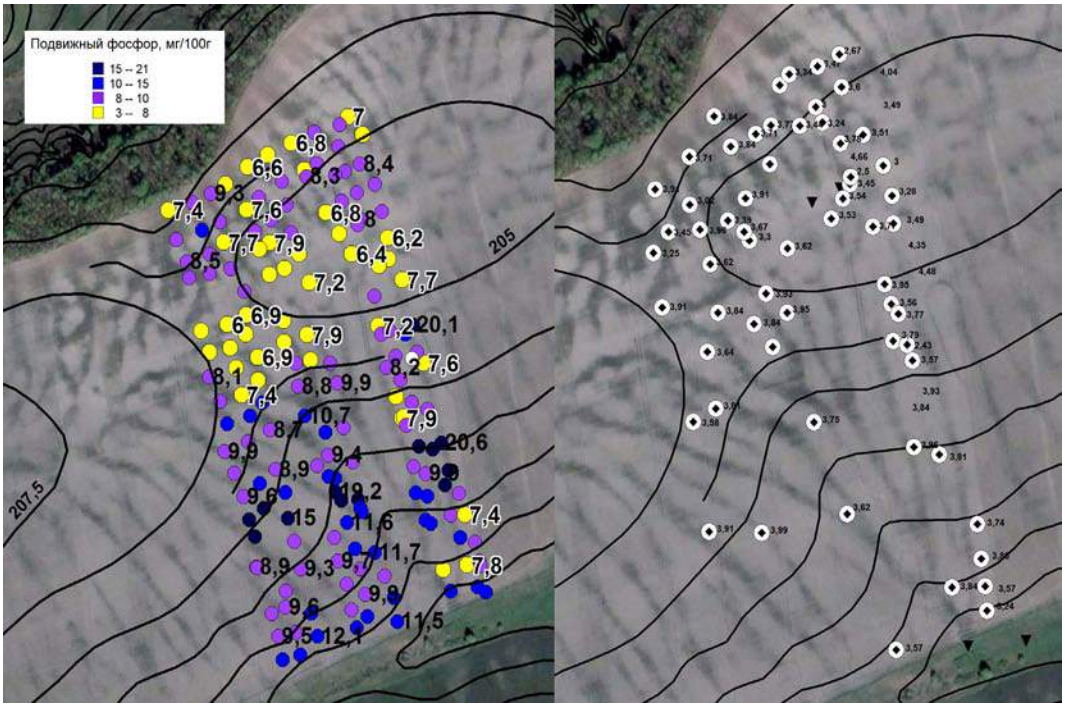


Рис. 2. Слева – распределение подвижного фосфора в точках пробоотбора, справа – распределение низких значений содержания гумуса в почве (содержание гумуса не более 4 %)
Fig. 2. On the left – distribution of movable phosphorus at the sampling points, on the right – distribution of low values of humus content in the soil (humus content is not more than 4 %)

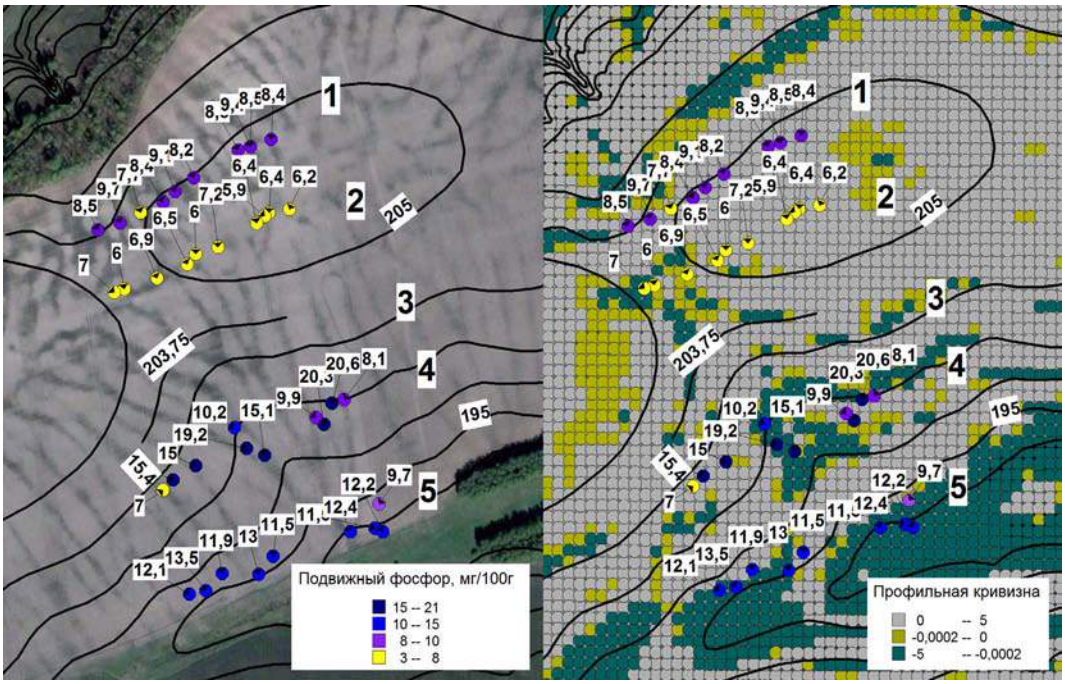


Рис. 3. Распределение подвижного фосфора в почве вдоль трансект на спутниковом снимке (слева) и на карте профильной кривизны (справа); 1, 2, 3, 4, 5 – зоны, отличающиеся по особенностям распределения подвижного фосфора
Fig. 3. Distribution of movable phosphorus in the soil material along the transects, above the satellite image (on the left) and above the profile curvature map (on the right); 1, 2, 3, 4, 5 – areas differing accordingly to the distribution of movable phosphorus

Следом за водораздельной поверхностью, на склоне южной экспозиции (в зоне 3) – вновь возникает полоса большой вариабельности подвижного фосфора (содержание фосфора – от 7,3 до 20,1 мг/100 г), что связано с эрозионной деятельностью ложбин. Наконец, на высотной позиции 197,5 м располагается полоса повышенных (до более чем 20 мг/100 г) значений подвижного фосфора (зона 4 на рис. 3). Зона 4, как видно на карте профильной кривизны, приурочена к участку низких (менее –0,0002) значений профильной кривизны, т. е., налицо преобладание аккумуляции над смывом. Кроме того, этот участок расположен перед резким сужением ложбины (что хорошо просматривается на карте площади водосбора на рис. 4). Здесь формируется, видимо, своеобразная зона подпора, где накапливается смытая с вышерасположенных участков почва, обогащенная подвижным фосфором. Для этой зоны отмечается и повышенные значения удельной активности цезия-137 (рис. 4).

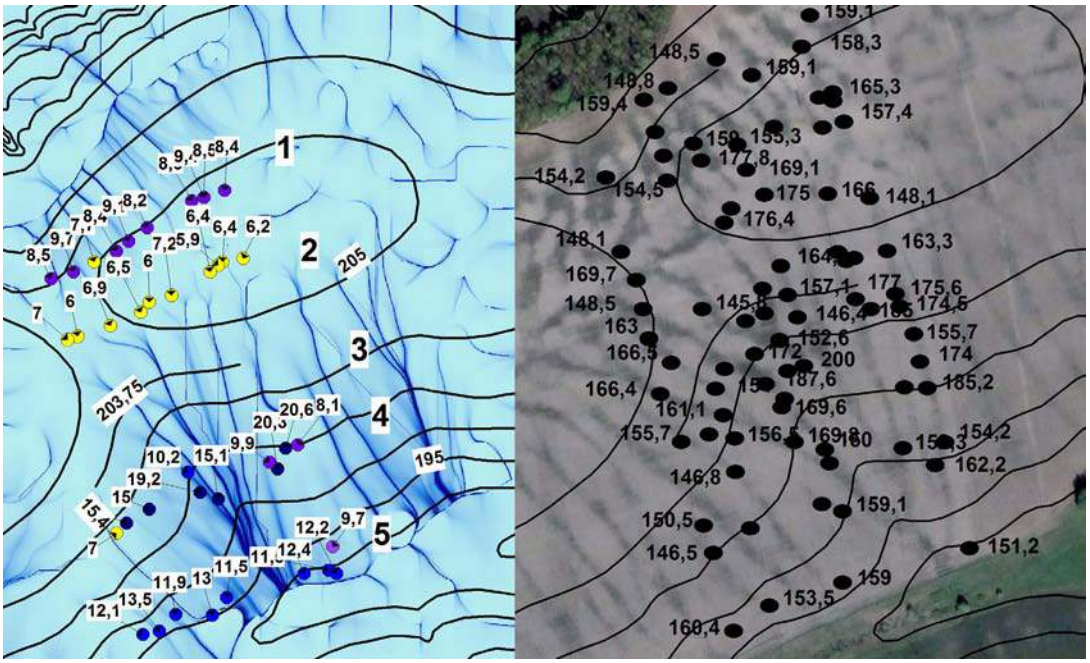


Рис. 4. Значения подвижного фосфора в точках вдоль трансект на карте площади водосбора (слева); Карта построена по материалам тахеометрической съемки 2016 г.; Справа – распределение значений удельной активности цезия-137 в пахотном горизонте (приведены только те точки, в которых значения активности превышают 140 Бк/кг)
Fig. 4. Values of movable phosphorus along the transect on the catchment area map (on the left); The Map is based on the data of topographic survey made on 2016; On the right – the distribution of values of specific activity of the cesium-137 in the arable horizon (only the points where the activity exceeds 140 Bq/kg are shown)

Наконец, у основания склона вновь отмечается полоса повышенных (не менее 10 мг/100 г) значений подвижного фосфора (трансекта в зоне 5 на рис. 3). Карта профильной кривизны позволяет констатировать здесь низкие (по величине, ниже –0,0002) значения профильной кривизны рельефа, что свидетельствует о том, что участок расположен в зоне аккумуляции. Вместе с тем участок пересечен множеством микроложбин, что хорошо видно на спутниковом снимке и на карте площади водосбора на рис. 4. Это обусловливает в целом некоторое снижение содержания подвижного фосфора (по сравнению с зоной 4) за счет смыва почвы в тальвегах микроложбин. На этом участке снижены значения удельной активности цезия-137 (спутниковый снимок на рис. 4). Лишь в четырех точках активность цезия-137 превысила 140 Бк/кг.

Для выделенных характерных зон (и приуроченных к ним трансект) были построены зависимости подвижного фосфора от удельной активности цезия-137.

Далее приведены две характерные зависимости (рис. 5). Одна построена для водораздельной поверхности (слева на рис. 5). Другая построена для зоны аккумуляции 4 (справа на рис. 5). Следует заметить, что зависимости, построенные для области склоновой поверхности, характеризуются невысокой степенью тесноты статистической связи (коэффициенты корреляции изменяются от минус 0,51 до минус 0,55). Объяснить это можно сложным характером распределения по глубине почвенных свойств серых лесных почв [Марусова, 2005].

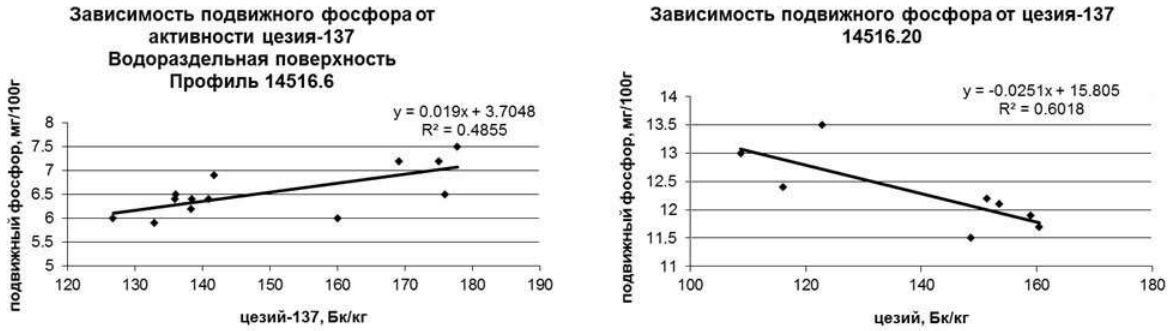


Рис. 5. Зависимость содержания подвижного фосфора от удельной активности цезия-137 в пахотном горизонте; Слева – водораздельная поверхность, зона 2; Справа – зона 5 в области аккумуляции у основания склона

Fig. 5. The dependence of the movable phosphorus content in the soil material from the specific activity of cesium-137 in the arable horizon; On the left – watershed surface, zone 2; On the right – zone 5, accumulation area at the lower part of the slope

Диаграммы на рис. 6 показывают особенности распределения по глубине удельной активности цезия-137, гумуса и подвижного фосфора в смытых почвах. Смытая до 10 см почва в точке 102.5, приуроченной к тальвегу распахиваемой ложбины (это диагностируется по удельной активности цезия-137), имеет высокое содержание гумуса по всему профилю почвы (от 5,3 % у поверхности до 5,8 % на глубине). Объясняется это наличием второго гумусового горизонта, расположенного глубже плужной подошвы (глубже 30 см), до которой производилась распашка в СССР до 1990 г. [Марусова, 2005]. Содержание подвижного фосфора с глубиной несколько снижается (с 8 мг/100 г в современном пахотном горизонте до 6 мг/100 г на глубине ниже плужной подошвы). Снижение содержания подвижного фосфора по глубине позволяет предположить, что в случае смыва верхних слоев почвы и припахивания более глубоких, обедненных подвижным фосфором горизонтов, в исследуемом пахотном горизонте содержание подвижного фосфора должно снижаться. Следовательно, можно ожидать прямой зависимости между величиной удельной активности цезия-137 и содержанием подвижного фосфора. На деле ситуация оказалась сложнее.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 5, показал, что для водораздельной поверхности характерно, как уже упоминалось, пониженное содержание подвижного фосфора (не более 8 мг/100 г). При этом содержание P_2O_5 увеличивается на участках с повышенной удельной активностью цезия-137. Можно предполагать, что в условиях интенсивной распашки на водораздельной поверхности, испещренной лишь чередованием блоков и межблочных понижений с перепадом высот до 100 см, смыв небольшой, и содержание питательных веществ (в том числе подвижного фосфора) в почве увеличивается в зонах

аккумуляции в микропонижениях. Цезий-137 также показывает повышенные значения в миропонижениях с несмытыми или слабонамытыми почвами. Зависимость удельной активности и подвижного фосфора в пахотном горизонте на водораздельной поверхности прямая, характеризуется коэффициентом корреляции 0,7 (трансекта 14516.6 в зоне 2 на рис. 5). На склоновой поверхности зависимости носят, по-преимуществу, обратный характер (трансекта 14516.20 в зоне 5 на рис. 5).

Анализ зависимости, полученной для трансекты 14516.20, показал следующее. В нижней части склона, в зоне аккумуляции (трансекта 14516.20 в зоне 5 на рис. 3 и 4), где в целом содержание подвижного фосфора повышено (11,5–13,5 мг/100 г), удельная активность цезия-137 также повышена до 151,2–161,4 Бк/кг (рис. 4). Вместе с тем замечено, что в точках, приуроченных к тальвегам ручьев (в зоне 5) со смытыми почвами (смытость почв диагностируется по низкой удельной активности цезия, составляющей от 137 до менее 125 Бк/кг), содержание подвижного фосфора достаточно высокое (12,4–13,5 мг/100 г). Объяснить этот факт можно тем, что в тальвегах ручьев на содержании подвижного фосфора сказывается влияние второго гумусового горизонта. Известно, что во всякой почве имеются органические и минеральные соединения фосфорной кислоты. В серых лесных почвах органические фосфаты составляют 44 % всего почвенного фосфора, минеральные – 56 %. Вероятно, в тальвегах микроручьев, прорезающих зону аккумуляции, обогащенную органикой (содержание гумуса вдоль трансекты от 4,2 до 5,6 %), в точках со смытым пахотным горизонтом (и, соответственно, с низкими значениями удельной активности цезия-137) повышенное содержание подвижного фосфора обеспечивается за счет органических соединений фосфорной кислоты, содержащихся в припахиваемом слое подпахотного горизонта.

Рис. 6. Распределение цезия-137 (слева), гумуса (в центре) и подвижного фосфора (справа) по глубине в смытой почве, в тальвеге распахиваемой ложбины

Fig. 6. Distribution of cesium-137 (on the left), humus (in the center) and movable phosphorus (on the right) in the profile of washed out soil, on the thalweg of arable ravine

Содержание подвижного фосфора в почве
(в % от общего числа точек отбора проб, в пределах выделенных зон – 1–5)
Amount of the movable phosphorus in the soil material
(% of the total number of sampling points, within the allocated zones – 1–5)

№ трансекты	Диапазоны содержания подвижного фосфора, мг/100г				Положение на склоне (номер зоны)
	До 8	8–10	10–15	15–22	
14516.3	10	90	–	–	Зона транзита (1)
14516.6	100	–	–	–	Водораздел (2)
14516.15	10	20	10	60	Зона аккумуляции (4)
14516.20	–	10	90	–	Зона аккумуляции у основания склона (5)

ВЫВОДЫ

Исследования показали, что хорошо объяснить общий характер и особенности латерального распределения подвижного фосфора в условиях выпукло-вогнутой формы пахотного склона позволяют карты площади водосбора и профильной кривизны. Обнаружено, что повышенные значения подвижного фосфора приурочены к зонам аккумуляции, идентифицируемым отрицательными значениями профильной кривизны. Вариабельность фосфатного состояния серых лесных почв хорошо описывается картой площади водосбора, на которой максимальные значения площади водосбора совпадают с положением тальвегов ложбин стока. В области водораздельных пространств с элементами полигонально-блочного микрорельефа (в перигляциальных областях Восточно-Европейской равнины) удельная активность цезия-137 в пахотном горизонте (как показатель смыва почвы) может успешно использоваться для изучения влияния эрозионных процессов на фосфатное состояние серых лесных пахотных почв. В работе получена статистически значимая зависимость содержания подвижного фосфора от удельной активности цезия-137 для водораздельной поверхности распахиваемого склона с элементами полигонально-блочного микрорельефа.

Сложность получения расчетных зависимостей фосфатного состояния серых лесных почв от интенсивности эрозионного процесса, идентифицируемого удельной активностью цезия-137, для склоновой поверхности, испещренной микроложбинами, заключается в том, что на старопахотных почвах фосфатное и гумусное состояние почв в тальвегах микроручьев со смытыми почвами обусловливается влиянием второго гумусового горизонта. В этом горизонте удельная активность цезия-137 низка, а содержание гумуса и подвижного фосфора или не снижены, или снижены незначительно. Повышенное содержание подвижного фосфора в смытых почвах тальвегов ручьев можно объяснить поступлением органических соединений фосфорной кислоты, содержащихся в припахиваемом слое подпахотного горизонта.

БЛАГОДАРНОСТИ

Использованные спутниковые снимки предоставлены DigitalGlobe Foundation.

ACKNOWLEDGEMENTS

Used satellite imagery is courtesy of the DigitalGlobe Foundation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю.* Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 160 с.
2. *Голосов В.Н.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
3. *Еременко Е.А.* Ложбинный мезорельеф центральных и южных районов Восточно-Европейской равнины. Автореф. канд. дисс. М., 2009. 24 с.
4. *Маркелов М.В.* Современные эрозионно-аккумулятивные процессы в верхних звеньях гидрографической сети лесной и лесостепной зон. Автореф. канд. дисс. М., 2004. 26 с.
5. *Марусова Е.А.* Влияние природных и антропогенных факторов на свойства пахотных серых лесных почв южного Подмосковья. Автореф. канд. дисс. М., 2005. 23 с.
6. *Степанов И.Н.* Внедрение в картографию почвенно-геологических образов – потоковых структур // Почвоведение. 1995. № 6. С. 681–694.
7. *Тимофеев Д.А.* Геоморфологические и палеогеографические аспекты проблемы эрозии почв // Размышления о фундаментальных проблемах геоморфологии. Избранные труды. М.: Медиа-ПРЕСС, 2011. С. 298–304.

8. *Трофимец Л.Н., Паниди Е.А.* Методические подходы к применению радиоцезиевого метода при изучении смыва и аккумуляции на пахотных склонах, осложненных ложбинным мезо- и микрорельефом // Проблемы региональной экологии. 2014. № 4. С. 147–152.
9. *Трофимец Л.Н., Паниди Е.А.* Методы геоморфометрии, дистанционного зондирования и ГИС при изучении распределения радионуклида 40к в почве распахиваемых склонов, осложненных ложбинной сетью // Материалы Междунар. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2016; 22(1). С. 183–189. DOI: 10.24057/2414-9179-2016-1-22-183-189.
10. *Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Иванеха Т.Л., Петелько А.И.* Оценка эрозионной активности ложбинного комплекса распахиваемых склонов // Материалы Междунар. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2017; 23(1). С. 323–332. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-323-332.
11. *Шарый П.А.* Оценка взаимосвязей рельеф-почва-растения с использованием новых методов в геоморфометрии. Автореф. канд. дисс. Тольятти, 2005. 25 с.
12. *Costa-Cabral M.C., Burges S.J.* Digital Elevation Model Networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas // Water Resources Research. 1994. V. 30, issue 6. P. 1681–1692. DOI: 10.1029/93WR03512.
13. *Evans L.S.* General geomorfometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: Chorley R.J. (ed.) Spatial Analysis in Geomorfology, London, Methuen & Co. Ltd., 1972. P. 17–90.
14. *Fulajtar E.* Assessment of soil erosion on arable land using 137Cs measurements: a case study from Jaslovske Bohunice, Slovakia // Soil and Tillage Research. 2003. 69(1–2). P. 139–152.
15. *Owens Ph.N., Walling D.E.* Spatial variability of Caesium-137 inventories at reference sites: an example from two contrasting sites in England and Zimbabwe // Appl. Isot. 1996. V. 47, No 7. P. 699–707.

REFERENCES

1. *Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.U.* Paleocryogenesis and Soil Diversity of the Center of East European Plain. Moscow: GEOS, 2010. 160 p. (in Russian).
2. *Costa-Cabral M.C., Burges S.J.* Digital Elevation Model Networks (DEMON): A Model of Flow Over Hillslopes for Computation of Contributing and Dispersal Areas. Water Resources Research. 1994. V. 30, issue 6. P. 1681–1692. DOI: 10.1029/93WR03512.
3. *Eremenko E.A. Ravine* Mesorelief the Central and Southern Regions of the East European Plain. Abstract of PhD dissertation. M.: 2009. 24 p. (in Russian).
4. *Evans L.S.* General Geomorfometry, Derivatives of Altitude, and Descriptive Statistics. In: R.J. Chorley (ed.) Spatial Analysis in Geomorfology. London, Methuen & Co. Ltd., 1972. P. 17–90.
5. *Fulajtar E.* Assessment of Soil Erosion on Arable Land Using 137Cs Measurements: a Case Study from Jaslovske Bohunice, Slovakia. Soil and Tillage Research. 2003. 69(1–2). P. 139–152.
6. *Golosov V.N.* Erosion-accumulative Processes in River Basins of the Mastered Plains. Moscow: GEOS, 2006. 296 p. (in Russian).
7. *Markelov M.V.* Modern Erosion-accumulative Processes in the Upper Parts of the Hydrographic Network of Forest and Forest-steppe Zones. Abstract of PhD dissertation. M., 2004. 26 p. (in Russian).
8. *Marusova E.A.* Influence of Natural and Anthropogenic Factors onto the Properties of Arable Gray Forest Soils of the Southern Moscow Suburbs. Abstract of PhD dissertation. M., 2005. 23 p. (in Russian).
9. *Owens Ph.N., Walling D.E.* Spatial Variability of Caesium-137 Inventories at Reference Sites: an Example from Two Contrasting Sites in England and Zimbabwe. Appl. Isot. 1996. V. 47, No 7. P. 699–707.
10. *Shary P.A.* Evaluation of Relief-soil-plant Relationships Using New Methods of Geomorphometry. Abstract of PhD dissertation. Tolyatti, 2005. 25 p. (in Russian).

11. *Stepanov I.N.* Introduction of Soil-geological Images of Stream Structures into Cartography. Pedology [Pochvovedenie]. 1995. No 6. P. 681–694 (in Russian).
12. *Timofeev D.A.* Geomorphological and Paleogeographic Aspects of Soil Erosion Problem. In: Razmyshleniya o fundamental'nykh problemakh geomorfologii. Izbrannye trudy [Reflections on the Fundamental Problems of Geomorphology. Selected works]. Moscow: Media-PRESS, 2011. P. 298–304 (in Russian).
13. *Trofimetz L.N., Panidi E.A.* Methodological Approaches to the Application of Radiocaesium Method in the Study of Runoff and Accumulation on the Arable Slopes, Complicated with Ravine Meso– and Microrelief. Problemy regional'noi ekologii [Problems of Regional Ecology]. 2014. No 4. C. 147–152 (in Russian).
14. *Trofimetz L.N., Panidi E.A.* Methods of the Geomorphometry, Remote Sensing and GIS in Study of the 40K Radionuclide Distribution in Soil of Arable Slopes, Complicated with Erosion Network. Proceedings of the International conference "InterCarto/InterGIS". 2016. 22(1). P. 183–189. DOI: 10.24057/2414-9179-2016-1-22-183–189 (in Russian).
15. *Trofimetz L.N., Panidi E.A., Ivanekha T.L., Petelko A.I.* Estimation of Erosion Activity in the Ravine Complex of Arable Slopes. Proceedings of the International conference "InterCarto / InterGIS". 2017. 23(1). P. 323–332. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-323-332 (in Russian).

УДК 551.4

Воскресенский И.С.[1], Сучилин А.А.[2], Ушакова Л.А.[3]

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЪЕКТА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается опыт применения геоинформационной системы (ГИС) для локального геоморфологического районирования территории резервуарного парка – «инфраструктурного объекта» в составе магистрального трубопровода (МТП). Он включает инженерные сооружения – емкости для хранения нефти, насосные станции, автодороги, складские и административные здания, противопожарные и другие сооружения. При строительстве изменена морфология естественных форм рельефа, что привело к изменениям в динамике естественных экзогенных рельефообразующих процессов, соответствующие формам и комплексам форм рельефа. ГИС-анализ морфологии естественных и техногенных форм рельефа, созданных при строительстве, позволили выделить «эколого-геоморфологические участки и элементы» в пределах инфраструктурного объекта МТП и прилегающей территории. Пространственный анализ при локальном эколого-геоморфологическом районировании позволил выделить территории (эколого-геоморфологические участки) с определенным комплексом (парагенезом) современных рельефообразующих процессов. Так, например, на эколого-геоморфологических участках естественного расчлененного рельефа и «буферной зоны» (пространство между инженерными сооружениями «объекта» и территорией с естественным рельефом) сформирован парагенез экзогенных рельефообразующих процессов, состоящий из «водо-древесно-каменных селей и эрозии временных водотоков». В центральной части объекта на склонах инженерных форм «рельефа» образовался парагенез, включающий «делювиальный смыв и эрозию временных водотоков». Проведено эколого-геоморфологическое районирование локального инфраструктурного объекта МТП с применением ГИС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационная система (ГИС), материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), техногенные формы рельефа и рельефообразующие процессы, эколого-геоморфологическое районирование, парагенез экзогенных рельефообразующих процессов, инфраструктурный объект МТП.

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские Горы, 1, 199991, Москва, Россия, *e-mail:* **isvoskresensky@rambler.ru**

[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские Горы, 1, 199991, Москва, Россия, *e-mail:* **asuhov308@gmai.com**

[3] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские Горы, 1, 199991, Москва, Россия, *e-mail:* **la.ushakova@mail.ru**

Ivan S. Voskresensky[1], Alexander A. Suchilin[2], Liudmila A. Ushakova[3]

GEOINFORMATION ECOLOGO-GEOMORHOLOGICAL STUDY OF THE RESERVOIR TANK STORAGE ON TRUNK PIPELINE

ABSTRACT

The paper describes the application of geoinformation system (GIS) for local geomorphological zoning of the territory of the reservoir tank storage (an infrastrucrure object, the sufficient part of trunk pipeline). The reservoir tank storage includes: oil tanks, pump stations, roads, warehouses, administrative buildings, fire-Figurehting facilities, etc. The morphology of natural landforms was changed during construction, and it led to the consequent changes in natural land forming processes' dynamics, which corresponds to landforms and landform complexes. GIS-analysis of landform morphology, both of natural and technogenic landforms, allows delineating so-called "eco-geomorphologic sites" and "eco-geomorphologic elements" within reservoir tank storage and adjacent territory. Spatial analysis, combined with local eco-geomorphological zoning, gives an opportunity to delineate sites with different sets of land-forming processes. For example, eco-geomorphic sites with natural severe topography and so-called "buffer zone" (the space between constructions and intact zone) are characterized by patagenesis of exogenous land forming processes, which consists of "water-lumber-stone" mudflows and water erosion caused by ephemeral streams. The central part of the territory is characterized by paragenesis of deluvial washout and ephemeral streams erosion. The "eco-geomorphologic" object zoning was performed with GIS support.

KEYWORDS: geoinformation system (GIS), remote sensing, technogenic landforms and land forming processes, eco-geomorphological zoning, paragenesis of exogenous land forming processes, infrastructure trunk pipeline object.

ВВЕДЕНИЕ

Инфраструктурные объекты российских магистральных трубопроводов (МТП) выполняют на Черноморском побережье важную функцию погрузочных терминалов. Вследствие относительно незначительной площади резервуарного парка, естественная морфология горного рельефа Северо-Западного Кавказа достаточно однообразна [Геоморфологическое районирование…, 1980]. Эколого-геоморфологическая обстановка [Кружалин, 2001] «по комплексу экзогенных процессов рельефообразования, вызывающих экологические явления и локальные события» характеризуется региональным развитием преимущественно обвально-осыпных и карстово-суффозионных процессов. Развитие опасных рельефообразующих процессов определяют рисунок природопользования трасс МТП [Кузьмин, 2009], в том числе различные по функциональному назначению объекты инфраструктуры [Репин, 2006].

Основные изменения морфологии форм естественного рельефа в пределах инфраструктурного объекта были произведены в начале 2000-х гг. при строительстве первой очереди комплекса объектов Резервуарного парка магистрального трубопровода (РПМТ)

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **isvoskresensky@rambler.ru**

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **asuhov308@gmai.com**

[3] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **la.ushakova@mail.ru**

в районе г. Новороссийска. При строительстве был сформирован «техногенный рельеф», состоящий из крупных форм: «террасовидных площадок», «ванн, ограниченных валами» с резервуарами для хранения нефти, бетонированных «лотков» для водоотвода и водосброса атмосферных осадков за пределы территории РПМТ, выемок и насыпей автодорог (рис. 1).

Рис. 1. Общий вид резервуарного парка магистрального трубопровода
(на врезке, начало строительства)
Fig. 1. General view of the reservoir fleet of the main pipeline
(on the side-start of construction)

Искусственные склоны осложнены аккумулятивными делювиальными шлейфами, эрозионными рытвинами и «десерпционными микротеррасами» [Воскресенский, 1971]. По периферии территории РПМТ на естественных формах рельефа (на склонах холмов и в днищах долин в верховьях) к настоящему времени сформировались формы рельефа, обусловленные антропогенным воздействием при эксплуатации РПМТ. К ним относятся придорожные промоины, эрозионные рытвины водосбросов с автодорог, противопожарных сооружений, нефтеперекачивающих станций РПМТ.

На прилегающей к объекту сопредельной территории изменения рельефа при строительстве свелись к частичной «планировке» склонов долин и междуречий. Изменение морфологии естественного рельефа, а также частичное уничтожение растительного (древесного) покрова привело к активизации селей и делювиального смыва.

Цель исследования заключается в локальном эколого-геоморфологическом районировании с применением ГИС объекта инфраструктуры магистрального трубопровода. Эколого-геоморфологическое районирование позволит выявить изменения в комплексе (парагенезе) современных рельефообразующих процессов, связанных с формированием техногенного рельефа при строительстве «площадного» объекта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалы исследования получены в результате эколого-геоморфологических наблюдений, проведенных на объект исследования АНО «Экоцентр» г. Москва. Естественный рельеф территории и рельефообразующие процессы (до начала строительства) были

изучены в начале 2000-х К.И. Воскресенским. В последующем в 2008 г. после строительства первой очереди она была обследована И.С. Воскресенским. Современное состояние рельефа оценивалось с использованием базы данных ГИС в программной среде MapInfo v.12.5. Это формализованные картографические источники и результаты полевых съемок, а также глобальная цифровая высотная модель рельефа «Alos World 3D» японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA, http://www.eorc.jaxa.jp), с разрешением 30 м за вычетом высот древесной растительности. Кроме того, для исследования современного состояния инфраструктурного объекта РПМТ, а также для актуализации ранее накопленных материалов, использовались разновременные космические снимки высокого разрешения с картографических сервисов Google Maps, Bing Maps и Yandex Maps (рис. 2), интегрированные в ГИС.

Рис. 2. Космический снимок РПМТ с сервиса YandexMaps (2017)
(на врезке, снимок 2003)
Fig. 2. Space image of the RPMP with the service YandexMaps (2017)
(on the sidebar, snapshot 2003)

РПМТ расположен в пределах холмогорья побережья Черного моря в районе г. Новороссийска. Абсолютные высоты междуречий колеблются от 200 до 296 м, а относительные высоты достигают 50–100 м. Территория расчленена долинами притоков р. Озерейки, протекающей к северу от территории РПМТ. Холмогорье сформировано в результате эрозионно-денудационного преобразования толщи мергелей, доломитов, известковистых алевролитов и песчаников мелового возраста.

Естественные денудационные формы рельефа представлены вершинными поверхностями холмов, которые покрыты дресвяно-щебнистыми образованиями элювиального генезиса. Приводораздельные вершинные поверхности междуречий (ПВПМ) образуют разветвленную

сеть пологоволнистых и грядово-холмистых пространств между долинами первого и второго порядка. В днищах долин встречаются фрагменты конусов выноса ложбин и балок, сложенные супесчано-щебнистыми отложениями пролювиального происхождения. В днищах долин присутствуют участки аккумуляции селевых отложений, которые представлены скоплением крупных глыб доломитов, щебня мергелей, стволов деревьев и кустарников.

Формы рельефа, созданные при строительстве, представлены «западинами, прямоугольной в плане формы, ограниченные плосковершинными валами относительной высотой до 5 м». В них размещены резервуары для хранения нефти. Эти техногенные формы «вырезаны» в толще коренных пород – мергелей. Они размещены на уплощенных вершинах естественных холмов или их склонах. К техногенным формам рельефа относятся «террасовидные» площадки, на которых размещены инженерные сооружения, дорожные выемки и водоотводные канавы.

К техногенным формам рельефа относятся насыпи автомобильных дорог, образованные искусственными грунтами глыбово-валунного, щебенистого и дресвяно-суглинистого состава мощностью до 10 м и более.

Эколого-геоморфологическое районирование по условиям развития современных рельефообразующих процессов. При эколого-геоморфологическом районировании «площадного» объекта РПМТ выделяются единицы двух рангов: более крупная – эколого-геоморфологический участок (ЭГУ) и менее крупная – эколого-геоморфологический элемент (ЭГЭ). Первая из них, как правило, пространственно, соответствует «сложной» форме рельефа, состоящей из простых форм рельефа. Вторая – простой форме рельефа. Подобное подразделение эколого-геоморфологических таксонов и их соответствие формам рельефа позволяет учесть геоморфологические условия и пространственную приуроченность рельефообразующего процесса к простой форме рельефа и, соответственно, их парагенезов (комплексов) к сложной форме рельефа. Например, границы эколого-геоморфологического таксона «эколого-геоморфологический участок» соответствуют современным морфологическим границам фрагмента холмогорья, включающего ПВПМ и верховья долины реки.

Пространственный анализ в среде ГИС позволяет учитывать при районировании «класс опасности» экзогенного рельефообразующего процесса и ранг эколого-геоморфологического таксона. Так, например, «эколого-геоморфологический участок» соответствует ареалам распространения опасных селевых процессов и эрозии временного водотока. Эти процессы протекают в пределах сложной формы рельефа, включающей фрагменты приводораздельной вершинной поверхности междуречья (селевый водосбор) и верховья балки (участок селевой аккумуляции и эрозии временного водотока) притока р. Озерейки.

При создании ГИС для эколого-геоморфологического районирования по условиям протекания экзогенных рельефообразующих процессов выполнено несколько операций по сбору и обработке информации. Полевое обследование позволило накопить в базе данных (БД) сведения о строении рельефа территории РПМТ в виде описаний с фотофиксацией в точках наблюдений за рельефом и рельефообразующими процессами. Геоморфологическая информация группировалась в блоки данных о морфологи, генезисе, возрасте форм рельефа, рыхлых отложениях и коренных породах, участвующих в строении «сложных» и «простых» форм рельефа. В последующем эколого-геоморфологическая информации подразделялась на сведения об естественных и антропогенных формах рельефа и экзогенных рельефообразующих процессах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Орогидрография территории отражает естественный рельеф и техногенные изменения в результате строительства природно-технического комплекса РПМТ. Центральную и северо-западную части территории РПМТ занимают техногенные «положительные» фор-

мы рельефа – террасовидные площадки с инженерными противопожарными сооружениями, насыпи автодорог, склоны с противоэрозионной защитой) и «отрицательные» («ванны, ограниченные плосковершинными валами с резервуарами для хранения нефти, противопожарные водоемы, дорожные выемки, бетонированные лотки водосбросов) (рис. 3).

Рис. 3. Техногенные формы рельефа (склоны с инженерной защитой)
и инженерные объекты (противопожарный водоем)
Fig. 3. Technogenic landforms (slopes with engineering protection)
and engineering structure (fire-Figurehting pool)

По периферии техногенного рельефа РПМТ с основными инженерными сооружениями располагается зона естественного рельефа холмогорий, практически неизмененного при строительстве. Здесь господствуют крутые (25 град. и более) и средней (15–25 град.) крутизны склоны. Они опираются на днища долин. Субвертикальные уступы в пределах крутых склонов связаны с выступами устойчивых к денудации коренных пород – известковых песчаников. Склоны средней крутизны и пологие (3–15 град.), сложенные мергелями и песчаниками, обладают характерной бугристой морфологией. Отдельные бугров достигают диаметра 1,0–3,0 м при относительной высоте до 0,5 м. К центру бугров приурочена корневая система деревьев и кустарников. Пологие склоны приурочены преимущественно к вершинам холмов, где они плавно переходят в приводораздельные вершинные поверхности. Характерно, что площадки резервуаров приурочены к пологим склонам и выположенным вершинным поверхностям холмов.

Склоны холмов и бортов долин подвержены действию современных склоновых процессов – десерпции и делювиальному смыву [Воскресенский, 1971]. Делювиальный смыв (рис. 4) наиболее активно протекает на склонах с «разорванным» растительным покровом. На склонах активно формируются микротеррасы, сложенные щебнем мергелей, дресвой и супесью.

На десерпционных склонах в обнажениях склоновых отложений отчетливо выражены щебнисто-супесчаные «косые» слои и неправильные линзы. Смещения чехла склоновых отложений подчеркиваются «флаговой» формой корневой системы деревьев (рис. 5).

Рис. 4. Микротеррасы на делювиальном естественном склоне
Fig. 4. Microterraces on natura deluvial slope

Рис. 5. Десерпционный склон, «флаговая» форма корневой системы дерева
Fig. 5. Talus slope and "flag-form" tree root system

Техногенный рельеф и антропогенные рельефообразующие процессы. Участки размещения резервуаров представляют собой «ванны» прямоугольной формы с выровненным днищем с абсолютной высотой 260–270 м. Они ограничены техногенными «плосковершинными валами» относительной высотой до 5 м. Крутизна их склонов достигает 20–25°, что близко к углу естественного откоса для элювиальных и делювиальных грунтов.

Участки техногенного рельефа чередуются с участками сохранившегося естественного рельефа (рис. 6). Между территориями с резервуарами сохранились фрагменты днищ долины «сухих балок» шириной до 30–40 м. Склоны «сухой балки» средней крутизны, задернованы или фрагментарно покрыты кустарниками. На склонах, сложенных песчаными отложениями при «разорванным» травянистом покрове активно развивается делювиальный смыв с образованием эрозионных борозд протяженностью в первые десятки метров и глубиной до полуметра. Площадь участков, склонов «пораженных» бороздовой эрозией, достигает не менее 3000 м².

Рис. 6. Комплекс естественного и техногенного рельефа – «сухая балка»
и «деструктивные вершины холмов с ваннами и резервуарами»
Fig. 6. The complex of natural and technogenic landforms: "dry ravine"
and "destructive hilltops with reservoirs"

На техногенных деструктивных формах рельефа «склонах плосковершинных валов, ограничивающих ванны», на склонах дорожных выемок активно развивается делювиальный смыв с образованием «языков» обломков щебня и дресвы (рис. 7). На грунтовых автодорогах с грунтовым покрытием при углах наклона более 12 град. активно протекает дорожная эрозия.

Рис. 7. Техногенный деструктивный делювиальный склон с «языками щебня»
Fig. 7. Technogenic destructive deluvial slope with crushed stone masses

Эколого-геоморфологическое районирование

Проведенное в 2008 г. с применением ГИС эколого-геоморфологическое районирование территории (рис. 8) позволило обосновать предложения по расширению РПМТ. Оно позволило выделить на территории РПМТ участки междуречий, на которых эрозионные и склоновые процессы протекают с относительно невысокой интенсивностью (относительно малоактивны). Строительство резервуаров, как это видно из сравнения (рис. 2 и 8), проводилось на территориях ЭГУ 5 и 6.

Рис. 8. Схема эколого-геоморфологического районирования по состоянию на 2008 г.

Условные обозначения. Характеристики технической системы РПМТ / Эколого-геоморфологические условия экзогенных процессов

ЭГУ I – Территория расположения действующих резервуаров / Техногенные формы рельефа (днища искусственных емкостей оснований резервуаров и склоны, ограничивающих их валов) и искусственные уплотненные грунты мощностью менее 0,2–0,1 м

ЭГУ II – Внутренние автодороги РПМТ / Техногенные формы рельефа (дорожное полотно

с продольными уклонами 3–12°) и склоны берм с уклоном 25–29°) и искусственные уплотненные грунты мощностью менее 0,2–0,1 м с инженерной защитой
ЭГУ III – Сооружения кольцевой автодороги действующих объектов РПМТ / Техногенные формы рельефа (дорожное полотно с продольными уклонами 3–12°) и склоны берм с уклоном 25–29°) и искусственные уплотненные грунты мощностью менее 0,2–0,1 м дорожного покрытия и более 1 м искусственных насыпей при пересечении естественных долин временных водотоков бетонированных водостоков
ЭГУ IV – Объекты противопожарной безопасности / Техногенные формы рельефа (площадки и склоны) и искусственные самоуплотненные грунты мощностью более 1 м
ЭГУ V – Временные сооружения, участки складирования / Техногенные формы рельефа (площадки и склоны) и искусственные самоуплотненные грунты мощностью более 1 м
ЭГУ VI – Временные грунтовые дороги, водостоки, сооружения противоэрозионной защиты на участках сброса поверхностного стока с территории РПМТ в естественные долины, и инженерной защиты от склоновых процессов и эрозии трассы нефтепровода / Естественные и техногенные формы рельефа на территории расширения РПМТ (склоны и днища долин, площадки и склоны берм автодорог) естественные грунты и искусственные самоуплотненные грунты мощностью до 1 м и более
ЭГУ VII – Территория проектируемого расширения РПМТ / Естественные и техногенные формы рельефа санитарной зоны территорий действующих сооружений и проектируемого расширения РПМТ (склоны и днища долин, насыпи временных дорог, селитебные земли), естественные грунты и искусственные самоуплотненные грунты мощностью до 1 м временных грунтовых автодорог

Fig. 8. Scheme of eco-geomorphologic zoning 2008

Legend. Characteristics of the technical system of RPMT / Ecological and geomorphological conditions
EGS I – Territory of the location of active reservoirs / Technogenic forms of relief (bottoms of artificial reservoirs of reservoir bases and slopes limiting their shafts) and artificial compacted soils of less than 0.2–0.1 m
EGS II – Internal highways RPMP / Technogenic forms of relief (roadway with longitudinal slopes 3–12°) and slopes of berms with a slope 25–29°) and artificial compacted soils of less than 0.2–0.1 m with engineering protection
EGS III – Constructions of the ring road RPMP / Technogenic forms of relief (roadway with longitudinal slopes 3–12°) and slopes of berms with a slope 25–29°) and artificial compacted soils of less than 0.2–0.1 m road surface and more 1 m artificial embankments at the intersection of natural valleys of temporary streams of concrete gutters
EGS IV – Objects of fire safety / Technogenic forms of relief (platforms and slopes) and artificial self-compacted soils of more than 1 m
ЭГУ V – Temporary structures, warehouses / Technogenic forms of relief (platforms and slopes) and artificial self-compacted soils of more than 1 m
EGS VI – Temporary dirt roads, drains, anti-erosion protection structures in areas of discharge of surface runoff from the territory RPMP into natural valleys, and engineering protection from slope processes and erosion of the pipeline route / Natural and technogenic forms of relief in the territory of expansion RPMP (slopes and bottoms of valleys, platforms and slopes of berms of highways) Natural soils and artificial self-compacted soils up to 1 m and more
EGS VII – The area of the projected extension RPMP / Natural and technogenic forms of the relief of the sanitary zone of the territories of the existing structures and the projected extension RPMP (slopes and bottoms of valleys, mounds of temporary roads, residential lands), Natural soils and artificial self-compacted soils up to 1 m of temporary earth road

На эколого-геоморфологическом участке V инженерные формы рельефа представлены «террасовидными площадками» временных инженерных сооружений складирования и подготовки строительных смесей с покрытием из искусственных самоуплотнившихся грунтов. Они сооружены в пределах пологоволнистой вершинной поверхности естественного холма. Современные экзогенные рельефообразующие процессы представлены

комплексом (парагенезом) склоновых и эрозионных рельефообразующих процессов, характерных для данного региона Причерноморья. Он включает процессы, протекающие на склонах: десерпция, осыпание и делювиальный смыв, а также эрозию временных водотоков, которая приводит к образованию в пределах склонов междуречных холмов многочисленных рытвин и промоин. Активизация этих процессов была предотвращена при строительстве сооружений в восточной части РПМТ рельефа выравниванием («планированием») исходной поверхности, что видно на рис. 2.

В пределах VI эколого-геоморфологического участка на уплощенных вершинных поверхностях холмов и склонах долин при строительстве созданы насыпи и выемки автодорог, водостоки и площадки для размещения сооружений противоэрозионной защиты территории и насосной станции системы нефтепровода. Комплекс ЭРП аналогичен по набору процессов парагенезу экзогенных рельефообразующих процессов эколого-геоморфологического участка V. Однако на территории участка активно протекает селевый процесс (рис. 9), который представляет опасность для проектировавшихся сооружений в юго-восточной части РПМТ (см. рис. 2, врезка).

Рис. 9. Древесно-каменная селевая плотина в днище долины
Fig. 9. Wooden-stone debris flow dam at the valley bottom

Сопоставление материалов дистанционного зондирования на рис. 2 (основной и врезка) со схемой эколого-геоморфологического районирования (см. рис. 8) показывает, что при строительстве в юго-восточной части территории были «ликвидированы» антропогенные источники рыхлого материала селей. После окончания строительства были рекультивированы отвалы щебня на склонах насыпей автомобильных дорог.

Эколого-геоморфологическая обстановка на территории РПМТ, на которой строительство после 2008 г. не производилось, осталась без видимых изменений.

Эколого-геоморфологические участки I, II, III, IV и VII (см. рис. 8) включают техногенные формы рельефа площадок под резервуары и другие сооружения, которые были возведены до 2008 г. В ходе полевых обследований на их территории была выявлена редкая сеть или единичные эрозионные борозды и рытвины, оползневые площадки и делювиаль-

ные шлейфы. Это позволило сделать выводы о проявлении эрозионных и склоновых процессов на территории РПМТ и прилегающей к ней территории санитарной зоны. Однако дешифрирование материалов дистанционного зондирования на период после завершения строительства (см. рис. 2) не дает возможности установить расширение ареалов склоновых и эрозионных форм рельефа. Отсутствуют какие-либо признаки катастрофических проявлений экзогенных процессов и формирования крупных форм рельефа, как например эрозионные долин-«щелей», к которым в данном регионе приурочено формирование селей, или блоков оползневых тел.

ВЫВОДЫ

В настоящее время естественный рельеф холмов и верховий долин бассейна р. Озерейки преобразован в процессе строительства инженерных объектов резервуарного парка. «При преобразовании естественного холмогорного эрозионно-денудационного рельефа сформирован антропогенный рельеф, который включает фрагменты долин, частично «заполненных искусственными грунтами» и «срезанные» уплощенные вершины естественных холмов.

Изменение морфологии холмогорья эрозионно-денудационного рельефа при создании «инженерных форм рельефа» – ванн-выемок, ограниченных плосковершинными валами и крутыми склонами, с террасовидных площадок, выемок и насыпей автодорог и трассы трубопровода привело к образованию парагенеза антропогенных экзогенных рельефообразующих процессов: эрозия временных водотоков, делювиальный смыв, дорожная эрозия, обваливание и осыпание на техногенных склонах.

Эколого-геоморфологическое районирование по условиям развития современных рельефообразующих процессов с применением ГИС позволило выделить семь эколого-геоморфологических участков.

Проведенное в 2008 г. с применением ГИС эколого-геоморфологическое районирование территории послужило обоснованием для размещения новых объектов РПМТ и предотвращению развития опасных селевых процессов. Оно позволило определить участки междуречий, подверженные эрозионным и склоновым процессам с низкой активностью.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Автономной некоммерческой организации Межрегиональная Топливно-Энергетическая Ассоциация «Экоцентр» (г. Москва) и лично Л.В. Бычковской за предоставленные материалы и возможность проведения данного исследования.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are deeply appreciated to autonomous non-profit organization "Ecotcentr" (Moscow) and personally to L.V. Bychkovskaya for the provided materials and the opportunity to carry out the research.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскресенский С.С.* Динамическая геоморфология. Формирование склонов. М.: Изд-во Московского Ун-та, 1971, с. 230.
2. Геоморфологическое районирование СССР. М.: Высшая школа, 1980. 343 с.
3. *Кружалин В.И.* Экологическая геоморфология суши. М.: Научный мир, 2001. 176 с.
4. *Кузьмин С.Б.* Опасные геоморфологические процессы и управление естественными рисками / Отв. ред. В.М. Плюснин. Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние, Ин-т географии им. В.Б. Сочавы. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. 195 с.

5. *Репин А.Г.* Краткий толковый словарь по газу и нефти (Brief gas-oil glossary) / Под ред. В.А. Скоробогатова, Н.Н. Соловьева, В.А. Истомина, А.К. Зайцева. М.: ООО «Геоинформмарк», 2006. 128 с.

REFERENCES

1. Geomorphologic zoning of the USSR. Moscow: Vysshaya shkola, 1980. P. 343 (in Russian).
2. *Kruzhalin V.I.* Ecological geomorphology of land. Moscow: Nauchnyj mir, 2001. P. 176 (in Russian).
3. *Kuzmin S.B.* Hazardous geomorphological processes and natural risk management. Novosibirsk: Geo, 2009. P. 195 (in Russian).
4. *Repin A.G.* Brief gas-oil glossary: Moscow: Geoinform-mark, 2006. P. 128 (in Russian).
5. *Voskresensky S.S.* Dinamical geomorphology. Genesis the slopes. Moscow: MSU, 1971. P. 230 (in Russian).

УДК: 912.4

Гостева А.А.[1], Ерунова М.Г.[2], Савченко А.П.[3]

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМАЦИОННОГО СОСТАВА ЛЕСОВ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ»

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены результаты геоинформационного картографирования формационного состава лесов территории заповедника «Столбы» для выявления динамики по данным лесоустройства 1948 и 1977 гг. Представлена ГИС-модель заповедника «Столбы», которая состоит из множества различных и разнородных многолетних данных экологического мониторинга. Проведена векторизация плана лесонасаждений заповедника от 1948 г. Описаны методы приведения ГИС-модели заповедника к единой картографической основе. Редактирование проводилось в пакете ESRI ArcGIS с помощью встроенного инструментария «Spatial Adjustment». В результате проведенного геоинформационного анализа определено произошедшие изменения формационного состава лесов на территории заповедника «Столбы» по ландшафтным местностям. Для проведения анализа изменений было использовано два набора данных, схожих семантически и описывающих территорию заповедника на двух этапах развития растительности с интервалом 29 лет. Определение произошедших изменений произведено посредством встроенных в ГИС оверлейных функций.

Динамика формационного состава лесов рассмотрена в рамках местностей, выделенных внутри горного ландшафта на основе природных особенностей – геологии, литологии, климата, отраженных в характере растительности. Это позволило увидеть дифференциацию процесса, связанного с восстановлением и развитием лесного покрова на территории заповедника. Отмечена определяющая роль высотной поясности для горного ландшафта, благодаря чему местности группируются в две группы: подтаежные сосново-лиственничные (на склонах) и горнотаежные лиственнично-елово-кедрово-пихтовые (на водоразделах и теневых склонах). Практическую ценность представляют результаты анализа, которые наглядно представлены в двух вариантах – табличных данных и набора аналитических карт.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГИС, тематическое картографирование, оверлей, заповедник «Столбы», формационный состав леса.

[1] Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79/10, 660041, Красноярск, Россия, *e-mail:* **AGosteva@sfu-kras.ru**

[2] Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, д. 90, 660049, Красноярск, Россия, *e-mail:* **marina.erunova@gmail.ru**

[3] ООО «Газпром геологоразведка», ул. Герцена, д. 70, 625000, Тюмень, Россия, *e-mail:* **apilina@mail.ru**

Anna A. Gosteva [1], Marina G. Erunova [2], Anastasia P. Savchenko [3]

GEOINFORMATION MAPPING OF THE DYNAMICS OF THE FOREST FORMATION COMPOSITION AT THE STOLBY RESTRICTED NATURE RESERVES

ABSTRACT

The results of geoinformation mapping of the forests formational composition at the Stolby territory based on the forest inventory data between 1948 and 1977 are presented. The GIS model of the Stolby Reserve consists of many different and diverse long-term environmental monitoring data. The vectorization of the forest inventory plan since 1948 has been performed.

The methods of adjustment of the GIS model of the reserve to a unified cartographic basis are described. The editing has been done in the software ESRI ArcGIS by using the built-in tool "Spatial Adjustment". For the first time, the changes in the forests formational composition have been determined on the basis of the geoinformation analysis. To evaluate the changes, the two different sets of data, which are similar semantically and describing the reserve territory at two stages of vegetation developing, have been used. The definition of the resulting changes was made by means of the overlay functions built into the GIS.

The dynamic of forests formation composition is considered within the bounds of the areas separated within the mountain landscape based on natural features – geology, lithology, climate – which are reflected in the pattern of the vegetation. This allowed us to see the differentiation of the process associated with the restoration and development of the forest cover at the reserve territory. The key role of the altitudinal zonation of the mountain landscape is revealed. The terrains can be separated into two groups: subtaiga pine-larch forests (on the slopes) and mountain taiga larch- spruce-siberian pine-fir (on the watersheds and shady slopes).

The results of the analysis visually represented in two variants – tabular data and a set of analytical maps have a practical importance.

KEYWORDS: GIS, thematic mapping, overlay, Stolby restricted nature reserves, forests formation composition.

ВВЕДЕНИЕ

Заповедником является особо охраняемая территория, полностью или частично исключенная из хозяйственного использования в целях сохранения природных комплексов, охраны видов животных и растений, а также наблюдения за природными процессами. В соответствии с Федеральным законом от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» государственные природные заповедники являются природоохранными, научно-исследовательскими и эколого-просветительскими учреждениями, имеющими целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем [http://docs.cntd.ru/document/9010833].

Государственный природный заповедник «Столбы» основан в 1925 г. по инициативе жителей города для сохранения природных комплексов вокруг живописных сиенитовых останцев – «столбов» [Козлов, 1958]. Научные исследования, начатые практически

[1] Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., 660041, Krasnoyarsk, Russia, *e-mail:* **AGosteva@sfu-kras.ru**
[2] Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira pr., 660049, Krasnoyarsk, Russia, *e-mail:* **marina.erunova@gmail.ru**
[3] OOO "Gazprom geologorazvedka", 70 Gertsena str., 625000, Tyumen, Russia, *e-mail:* **apilina@mail.ru**

одновременно с образованием заповедника, дали материалы, которые позволяют сейчас и в будущем следить за динамикой процессов в природной среде.

В последние десятилетия в целях мониторинга экологического состояния под действием атмосферного загрязнения на территории заповедника «Столбы» проводятся систематические наблюдения за состоянием различных компонент экосистемы [Коловский, 2001]. Мониторинг охватывает локальную территорию, включающую сам заповедник и его ближайшие окрестности. Наблюдается изменение растительного покрова ГПЗ «Столбы», связанное с разными факторами (естественными и антропогенными). Кроме того, может сказываться глобальное изменение климата, которое влечет изменение лесного покрова.

Географические информационные системы (ГИС), компьютерные карты местности и связанные с ними базы данных все чаще применяются в заповедном деле как для проведения научных исследований, так и для осуществления природоохранных мероприятий.

Геоинформационное картографирование для выявления динамики формационного состава лесов территории заповедника «Столбы» включало решение следующих ключевых вопросов:

1. Векторизация плана ГПЗ «Столбы» 1948 г.
2. Приведение данных к единой картографической основе.
3. Геоинформационный анализ динамики формационного состава лесов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования

Государственный природный заповедник «Столбы» расположен в черте крупного промышленного города (г. Красноярск) и занимает площадь 472 кв. км. Территория расположена вблизи пригородов Красноярска, в непосредственной близости к правому берегу Енисея, между его притоками – Базаиха, Мана и Большая Слизнева. Территория Восточного Саяна, где расположен заповедник, характеризуется двумя высотными поясами: низкогорный (от 200 до 500 м над уровнем моря) и высокогорный (от 500 до 800 м) [Козлов, 1958]. Верхний пояс по характеру растительного покрова является поясом темнохвойной тайги (пихта, ель, кедр), а нижний – поясом лиственно-светлохвойных лесов (сосна, лиственница, береза и осина).

ГИС-модель заповедника

В 1999–2006 гг. разработана и внедрена ГИС-модель заповедника «Столбы», позволяющая аккумулировать в себе многолетние данные экологического мониторинга и проводить геоинформационный анализ по выявлению различных взаимосвязей и закономерностей [Erunova et al., 2006]. Цифровая модель территории содержит слои: изолинии высот, граница заповедника, столбы, скальные останцы, крупные и мелкие реки, ручьи, лесные дороги, пешеходные тропы, кордоны, квартальная сетка заповедника, высотные отметки, растительный покров, почвенный покров. Модель территории заповедника включает в себя более 50 тематических карт, в том числе физико-географическая карта, карта растительного покрова (представлена результатами лесоустройства 1977 г.), почвенная карта, карты распределения тяжелых металлов и фтора на территории заповедника в лесной подстилке, в почвенном покрове, в зимних осадках и в хвое темнохвойных пород, суммарные карты распределения поллютантов в каждой компоненте экосистемы заповедника. Существует электронный экологический атлас заповедника «Столбы», который включает все перечисленные тематические карты [Экологический атлас заповедника «Столбы», http://stolby.torins.ru/].

Векторизация плана ГПЗ «Столбы» 1948 г.

Проведение анализа динамики формационного состава лесов территории заповедника «Столбы» проводилось на основе данных лесоустройства 1948 и 1977 гг. План лесонасаждений ГПЗ «Столбы» от 1948 г. был векторизован. Результатом проделанной работы

являются топологически корректные слои, отображающие данные, актуальные на 1948 г. о границе заповедника «Столбы», его квартальной сети, речной сети, скалах и растительности [Гостева, 2010].

Приведение данных к единой картографической основе

Единая картографическая основа – это комплексная система цифровых картографических материалов, согласованных по территориальному охвату, содержанию, формату, масштабам, системам условных знаков, классификаторам [Дубровский, 2013].

При рассмотрении планов ГПЗ «Столбы» за 1948 и 1977 гг. выяснилось, что условия топологической корректности и наличия семантики соблюдены, однако, нет соответствия условию приведения всех данных в единую систему координат: имеется погрешность в векторной привязке к географическим координатам, недопустимая для проведения дальнейшего сравнительного анализа. Было принято решение свести проекты к единой привязке векторных моделей к географической системе координат. Для этого необходимо было сравнить данные, полученные из различных источников и выбрать оптимальный вариант.

Приведение векторных моделей к единой картографической основе осуществлялось в несколько этапов. Первым этапом при редактировании привязки к географической системе координат была коррекция плана ГПЗ «Столбы» от 1977 г. Редактирование проводилось в пакете ESRI ArcGIS с помощью встроенного инструментария «SpatialAdjustment». Методом трансформации был выбран метод «Резинового листа», который основывается на локально-аффинных преобразованиях. Аффинные преобразования – точечные взаимно однозначные отображения плоскости (пространства) на себя, при которых прямые переходят в прямые [Капралов, 2004]. Опорными точками послужили устья мелких рек и ручьев, изгибы крупных рек и легко определимые точки на границе заповедника. Были использованы около двухсот опорных точек.

Вторым этапом была коррекция плана от 1948 г. При ее осуществлении очень важным было сопоставить квартальную и речную сети между 1948 и 1977 гг. Поэтому основными опорными точками послужил каждый узел квартальной сети, линии границ кварталов, устья мелких рек и ручьев, изгибы крупных рек. Аналогично, как и в предыдущем преобразовании, были использованы метод «Резинового листа» и около двухсот опорных точек.

После проведения всех трансформаций погрешность между основными узлами векторных слоев планов от 1948 и 1977 гг. составляет не более 30 м. Данные отображены в проекции UTM Zone 46N.

Геоинформационный анализ динамики формационного состава лесов

Современные ГИС имеют в своем арсенале достаточно широкий набор средств анализа пространственных данных и обработки атрибутивной информации, что позволяет использовать ГИС для моделирования процессов, протекающих в окружающей среде. Последние достижения в информационных технологиях дают возможность проводить на более высоком уровне мониторинг окружающей среды, анализировать и моделировать различные ситуации как техногенного, так и природного характера.

Геоинформационные данные носят временной характер. Для проведения анализа изменений было использовано два набора данных, схожих семантически и описывающих территорию заповедника на двух этапах развития растительности. Определение произошедших изменений произведено посредством встроенных в ГИС оверлейных функций.

При помощи оверлейных операций был создан новый полигональный слой, каждому объекту слоя были присвоены атрибуты, содержащий данные об изменениях, произошедших на этой территории, а также площадные характеристики. На основе этих атрибутов созданы карты, демонстрирующие смену производных формаций на коренные и смену коренных

формаций друг на друга. В рамках смены производных формаций рассмотрены смена березы и осины на ель, сосну, пихту и лиственницу. В рамках смены коренных формаций – ель, лиственница, сосна, пихта. Все значения были вычислены в программном пакете ESRI ArcGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структура растительного покрова рассмотрена в соответствии с ландшафтной структурой, которая рассмотрена на разных уровнях иерархии: высотный ландшафтный пояс, местность, тип лесорастительных условий.

Местность – морфологическая единица ландшафта, природно-территориальный комплекс. Является наиболее крупной морфологической частью ландшафта. Ведущими признаками обособления местностей служат рельеф или характер его расчленения. Местность не является обязательным элементом морфологической структуры ландшафта [Исаченко, 1991].

В работе Д.И. Назимовой и др. описывается 9 местностей, выделенных в соответствии с этими принципами [Назимова и др., 2010]. На рис. 1 показано их географическое расположение, каждой местности присвоен номер и название:

1. Местность № 1 «Столбинская».
2. Местность № 2 «Приенисейская».
3. Местность № 3 «Слизневская».
4. Местность № 4 «Калтатская».
5. Местность № 5 «Кайдынская».
6. Местность № 6 «Манская».
7. Местность № 7 «Абатакская».
8. Местность № 8 «Инжульская».
9. Местность № 9 «Сынжульская».

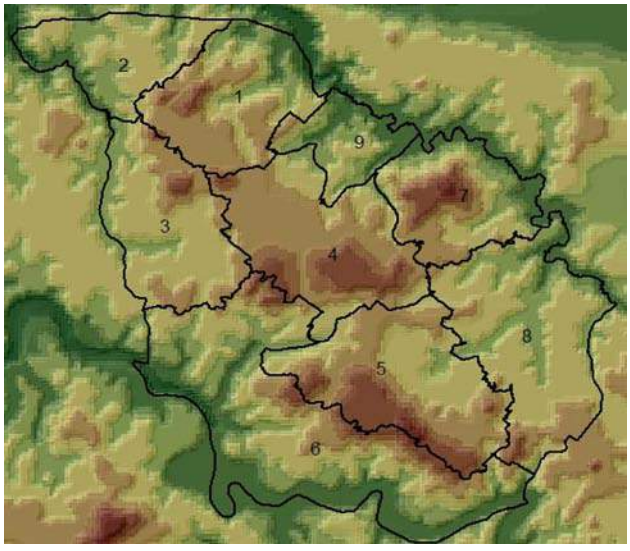


Рис. 1. Ландшафтные местности заповедника «Столбы»
Fig. 1. Landscape sites of the Stolby restricted nature reserves

В заповеднике отчетливо выступает вертикальная зональность – два почвенно-растительных пояса:

1. Пояс низкогорных светлохвойных (сосново-лиственничных) лесов на горных серых лесных почвах;
2. Пояс среднегорной темнохвойной (пихтовой) тайги на горных подзолистых почвах.

Между ними различается переходный пояс сосново-лиственничных лесов с примесью пихты, ели, кедра (подтайга). Кроме того, в пределах среднегорного пояса выделяется массив интразональных сосновых лесов, связанных с выходами сиенита.

Неоднородность растительного покрова значительно усложняется сильно расчлененным рельефом. К тому же природный облик растительности, особенно по окраинам заповедника, сильно нарушен (беспорядочная рубка и многократные пожары в прошлом). Центральная, горно-таежная часть изменена меньше, но там совершенно ясно выступают процессы смены лиственничных насаждений темнохвойной тайгой, что, по-видимому, обусловлено общеклиматическими причинами.

Теоретической основой для построения легенды, отвечающей данным задачам, нам послужили принципы эколого-генетических классификаций. Общими положениями для них являются:

1. Признание в качестве ведущего лесообразующего фактора среды леса, наиболее важные признаки и свойства которой должны вводиться в его характеристику как определяющие все остальные;
2. Понимание типа леса как совокупности коренного и всех возникших из него производных насаждений (изменения древостоя или покрова в процессе смен разрушения-восстановления).

Таким образом, типы леса выделяются на основе эколого-генетического принципа, т. е. в один тип леса объединены насаждения, внешне разнородные, но связанные между собою единой цепью развития и общностью лесорастительных условий. Типы леса объединяются нами в типы лесных участков по общности их экотопов.

Экотоп (от греч. oikos – жилище и topos – место), биотоп, косная среда биогеоценоза, совокупность его абиотических компонентов. Эти компоненты подразделяются на почвенную (эдафотоп) и надземную (аэротоп, климатеп) среды. Последние в пределах одного экотопа характеризуются небольшими градиентами изменения параметров многих физических и химических процессов. По отношению к биоценозу экотоп является внешней средой, поэтому понятие «местообитание сообщества» аналогично понятию «экотоп». Представление об экотопах широко используется в лесной типологии, при классификации типов леса и особенно типов условий местопроизрастания [Буторина, 1966].

Для того чтобы отразить на карте с максимально возможной полнотой характеристику лесов заповедника (их современное состояние, связь с условиями среды, динамику) и выделить коренные насаждения, используются различные приемы: цвет, его интенсивность, штриховка, индекс.

Тематическая карта плана лесонасаждений от 1948 г. была создана на основе типа растительности. Были выделены следующие типы: сосна, ель, береза, осина, пихта, лиственница. Макет отчета, содержащий в себе название карты, тематическую карту, легенду, стрелку, указывающую на север, шкалу масштаба, градусную сетку, построен в программном пакете ArcGIS.

Во время выполнения работы на основе двух имеющихся тематических карт, отображающих формационных состав растительности заповедника в разные периоды времени, посредством встроенных средств программного пакета ArcGIS был создан набор аналитических карт, отображающий изменения, произошедшие за данный период времени в рамках вышеописанных местностей.

Для оценки изменений, произошедших на территории заповедника в составе формационного состава, было принято решение использовать количественную характеристику, отражающую площадь в гектарах смены одной породы на другую в рамках каждой из местностей. Все значения были вычислены в программном пакете ESRI ArcGIS посредством встроенного инструмента «Вычислить геометрию». После чего данные были

экспортированы в программный продукт Microsoft Excel, где и были вычислены суммарные значения.

Таблица 1. Площади изменения производной формации «береза» на коренные, га
Table 1. Changes area of secondary birch formation

Местность	Береза → Ель	Береза → Сосна	Береза → Пихта	Береза → Лиственница
1	3,90	62,06	26,04	15,63
2	1,42	284,79	0,37	14,04
3	5,54	5,81	12,38	1,17
4	83,88	20,45	197,60	13,88
5	0,15	5,99	32,78	10,34
6	36,01	570,95	87,71	19,02
7	42,18	59,17	7,72	8,47
8	89,63	136,07	31,73	18,88
9	0	24,83	0	4,75

При помощи оверлейных операций был создан новый полигональный слой, каждому объекту слоя были присвоены атрибуты, содержащие данные об изменениях, произошедших на этой территории, а также площадные характеристики. На основе этих атрибутов созданы карты, демонстрирующие смену производных формаций на коренные и смену коренных формаций друг на друга. В рамках смены производных формаций рассмотрены смена березы и осины на ель, сосну, пихту и лиственницу. В рамках смены коренных формаций – ель, лиственница, сосна, пихта.

На рис. 2 в качестве примера приведена аналитическая карта для местности № 1 по смене производной формации «береза» на коренные (ель, лиственница, пихта, сосна). Для каждой местности построено 6 аналитических карт, отражающих смену производных формаций растительности на коренные формации, а также смену коренных формаций друг на друга.

На рис. 3 в качестве примера приведена аналитическая карта для местности № 5 по смене коренной формации «пихта» на другие коренные (ель, лиственница, сосна), а в табл. 2 рассчитаны площади смены формации «пихта» для всех местностей.

Всего было получено 54 каты, позволивших сделать выводы о динамике формационного состава лесов заповедника.

Таблица 2. Площади изменения коренной формации «пихта» на другие
Table 2. Changes area of oldgrow fir formation to another formation

Местность	Пихта → Ель, га	Пихта → Лиственница, га	Пихта → Сосна, га
1	74,05	78,87	294,46
2	4,56	21,54	35,32
3	384,86	355,43	473,63
4	152,43	70,17	258,88
5	221,90	411,03	161,07
6	60,06	73,56	378,27
7	45,22	69,95	108,10
8	184,08	89,33	372,04
9	5,27	7,54	3,87

Для каждой местности были проанализированы произошедшие изменения в формационном составе на основе аналитических карт.

Местность № 1 «Столбинская». На территории выбранной местности произошло значительное замещение лиственных производных формаций светлохвойными и темно-

хвойными коренными, причем большая часть была замещена светлохвойной формацией «сосна». Также на площади более чем сто гектаров было определено замещение пихтарников сосняками, что подтверждает господство сосны.

Местность № 2 «Приенисейская». На территории этой местности значительное замещение лиственных производных формаций светлохвойными и темнохвойными коренными, причем большая часть была замещена светлохвойной формацией «сосна». При этом наблюдается активное замещение сосняков лиственничниками.

Местность № 3 «Слизневская». На территории выбранной местности произошло значительное замещение осинников пихтарниками, при этом на севере территории низкая поясность – активное замещение самих пихтарников другими коренными формациями на, примерно одинаковом количестве площадей.

Местность № 4 «Калтатская». На территории наблюдается безраздельное господство пихтарников, развитие и замещение ими всех других формаций.

Местность № 5 «Кайдынская». На территории местности наблюдается активное развитие ельников и пихтарников, кроме того, на площади более чем пятьсот гектаров код становится господствующей породой. Происходит замещение производных формаций коренными.

Местность № 6 «Манская». Местность является самой крупной в составе заповедника. За рассматриваемый промежуток времени произошло замещение некоренных формаций сосняками. Сосна остается господствующей породой. На территории между реками Б. Индей и М. Индей наблюдается развитие лиственничников.

Местность № 7 «Абатакская». На территории наблюдается господство сосняков и замещение ими других производных и коренных формаций. В западной части местности на низких высотах наблюдается развитие лиственничников.

Местность № 8 «Инжульская». На территории наблюдается распределенное развитие лиственничников, а также смена осинников коренными формациями.

Местность № 9 «Сынжульская». На территории наблюдается господство сосняков и замещение ими других производных и коренных формаций. На западе местности наблюдается развитие осинников на площади порядка 100 га.

Кроме того, общим для всей территории заповедника можно выделить развитие ельников и преобладание их над всеми другими породами в руслах рек.

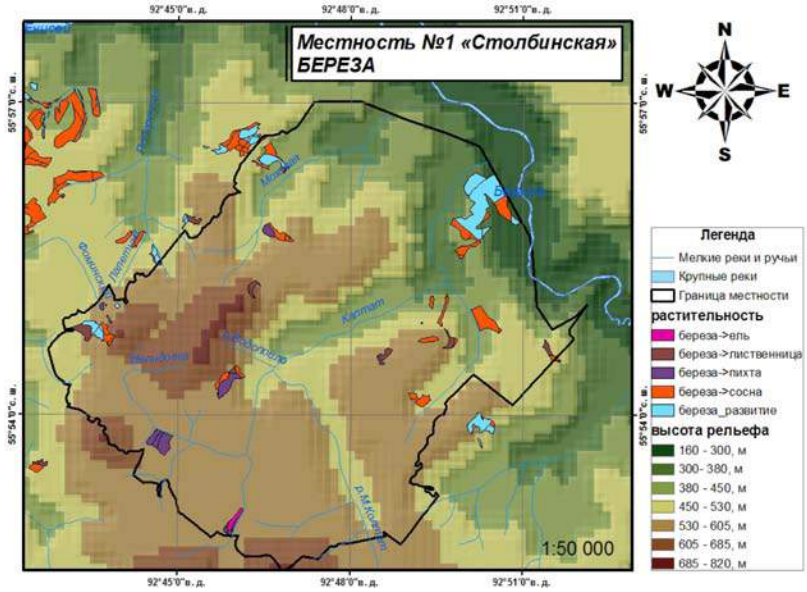


Рис. 2. Смена производной формации «береза» в местности 1
Fig. 2. Landscape sites 1: changes in the secondary formation of birch

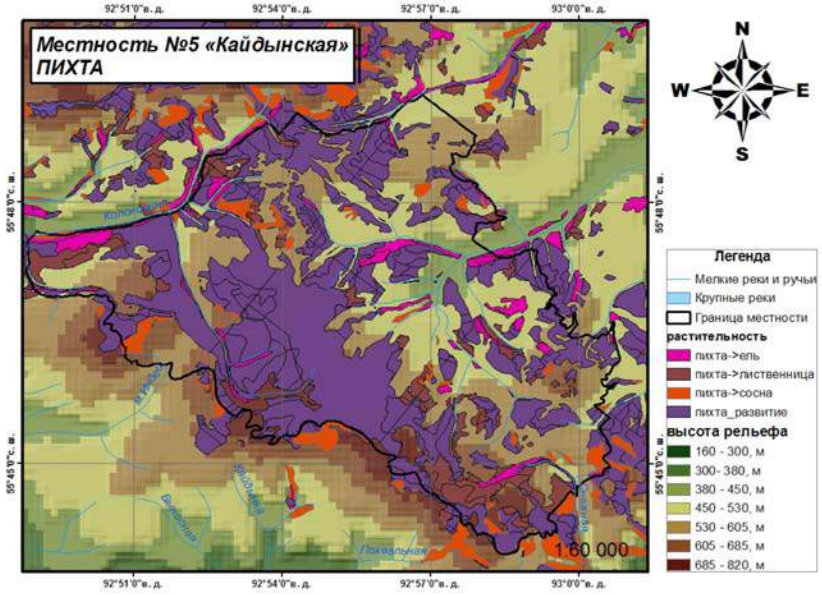


Рис. 3. Смена коренной формации «пихта» в местности 5
Fig. 3. Landscape sites 5: changes in the formation of fir

ВЫВОДЫ

Проведен геоинформационный анализ изменений в составе формационного состава на территории заповедника «Столбы». Изменения рассмотрены в рамках местностей, выделенных внутри горного ландшафта на основе природных особенностей – геологии, литологии, климата, отраженных в характере растительности. Это позволило увидеть дифференциацию процесса, связанного с восстановлением и развитием лесного покрова на территории заповедника. Отмечена определяющая роль высотной поясности для горного ландшафта, благодаря чему местности группируются в две группы: подтаежные сосново-лиственничные (на склонах) и горнотаежные лиственнично-елово-пихтовые (на водоразделах и теневых склонах). Первые включают местности Столбинскую, Приенисейскую, Манскую, Сынжульскую, а вторые – Калтатскую, Кайданскую, Слизневскую, Инжульскую, причем, последние две носят переходный характер. Если в первой группе ход динамики направлен в сторону укрепления и расширения светлохвойных формаций (сосны), но во второй – в сторону темнохвойных (пихты).

В рамках анализа рассмотрена смена производных формаций растительности на коренные формации, а также смена коренных формаций друг на друга. Сделана попытка связать ход смен с геологическим строением местностей, что раньше было невозможно из-за отсутствия соответствующих картографических материалов и опубликованных данных.

Результаты анализа наглядно представлены в двух вариантах – табличных данных и наборе из 54 аналитических карт. В таблицах содержится информация о площадях произошедших изменений. Аналитические карты отражают смену одной формации на другие, рельеф территории, речную сеть.

В дальнейшем работа по изучению динамики может быть продолжена с использованием данных лесоустройства заповедника за 2006 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буторина Т.Н.* К характеристике лесорастительных условий Государственного заповедника «Столбы» // Труды Государственного заповедника «Столбы». 1966. Т. 3. С. 248–282.

2. *Гостева А.А., Ерунова М.Г., Ильина А.П.* Векторизация плана лесоустройства заповедника «Столбы» 1948 года // Труды государственного заповедника «Столбы». 2010. Т. 19. С. 39–47.
3. *Дубровский А.В.* Геоинформационные системы: управление и навигация: Учеб.-метод. пособие. Новосибирск: СГГА, 2013. 96 с.
4. *Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
5. *Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др*. Основы геоинформатики. Кн. 1. М.: Изд-во «Академия», 2004. 352 с.
6. *Козлов В.В*. Государственный заповедник «Столбы» // Труды государственного заповедника «Столбы». 1958. Т. 1. С. 45–57.
7. *Коловский Р.А., Бучельников М.А*. Биоиндикация в заповеднике «Столбы»: оценка и прогноз // Труды государственного заповедника «Столбы». 2001. Т. 17. С. 226–244.
8. *Назимова Д.И., Первунин В.А., Тропина Е.Ф., Ерунова М.Г.* Ландшафтно-лесотипологическая структура заповедника // Труды государственного заповедника «Столбы». 2010. Т. 19. С. 16–38.
9. *Erunova M.G., Sadovsky M.G., Gosteva A.A.* GIS-aided simulation of spatially distributed environmental processes at "Stolby" State Reservation, Ecological Modelling. 2006. Т. 195, № 3–4. С. 296–306.

REFERENCES

1. *Butorina T.N.* Characteristic of the forest conditions of the "Stolby" State Reservation. Trudy Gosudarstvennogo zapovednika "Stolby". 1966. T. 3. P. 248–282 (in Russian).
2. *Dubrovsky A.V.* Geoinformation systems: management and navigation: ucheb.-metod. posobiye. Novosibirsk: SSGA, 2013. 96 p. (in Russian).
3. *Erunova M.G., Sadovsky M.G., Gosteva A.A.* GIS-aided simulation of spatially distributed environmental processes at "Stolby" State Reservation, Ecological Modelling. 2006. T. 195, No 3–4. P. 296–306.
4. *Gosteva A.A., Erunova M.G., Ilina A.P.* Vectorization of the forest inventory data for the the Stolby restricted nature reserves in 1948. Trudy gosudarstvennogo zapovednika "Stolby". 2010. V. 19. P. 39–47 (in Russian).
5. *Isachenko A.G.* Landscape science and physico-geographical zoning. M.: Vysshaya shkola, 1991. 366 p. (in Russian).
6. *Kapralov Ye.G., Koshkarev A.V., Tikunov V.S. et al.* Fundamentals of Geoinformatics. Book 1. M.: "Akademiya", 2004. 352 p. (in Russian).
7. *Kolovskiy R.A., Buchel'nikov M.A.* Bioindication in the Stolby Reserve: assessment and forecast. Trudy Gosudarstvennogo zapovednika "Stolby". 1966. V. 17. P. 226–244 (in Russian).
8. *Kozlov V.V.* "Stolby" State Reservation. Trudy gosudarstvennogo zapovednika "Stolby". 1958. V. 1. P. 45–57 (in Russian).
9. *Nazimova D.I., Pervunin V.A., Tropina Ye.F., Erunova M.G.* Landscaping and forest typology of the reserve. Trudy gosudarstvennogo zapovednika "Stolby". 2010. T. 19. P. 16–38 (in Russian).

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ И ТУРИЗМА

GIS AND CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE AND TOURISM

УДК 528.9

Боярский П.В.[1], Ельчанинов А.И.[2]

КУЛЬТУРНОЕ, ДУХОВНОЕ И ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ В НАЦИОНАЛЬНОМ АТЛАСЕ АРКТИКИ

АННОТАЦИЯ

Объекты историко-культурного наследия в Арктике служат наглядной и убедительной доказательной базой приоритета России в освоении и изучении арктических земель. Основная экспедиционная работа по выявлению и изучению большинства объектов культурного наследия на островах, архипелагах и части побережья Арктики была выполнена в 1986–2016 гг. Морской арктической комплексной экспедицией Института Наследия и Фондом полярных исследований.

Национальный атлас Арктики состоит из 22 разделов и насчитывает 496 страниц размером А3.

Разработка карт выполнена сотрудниками Центра картографии и геоинформационных систем и МАКЭ Института Наследия.

На картах специальными условными обозначениями показано пространственно-временное расположение объектов наследия:

- археологическое наследие,
- объекты наследия промысловой деятельности,
- опорные пункты Северного морского пути,
- памятники монументального искусства,
- объекты истории,
- объекты истории освоения Арктики первопроходцами и исследователями в XVI–XX вв.,
- объекты мореходной деятельности,

[1] Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева, ул. Космонавтов, д. 2, 129366, Москва, Россия, *e-mail:* **nord.pb@mail.ru**

[2] Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева, ул. Космонавтов, д. 2, 129366, Москва, Россия, *e-mail:* **aelchaninov@mail.ru**

– объекты наследия науки и техники,
– объекты подводного наследия,
– объекты архитектурного наследия,
– духовное наследие,
– особо охраняемые природные территории,
– а также музеи, имеющие экспозиции, посвященные истории исследования и освоения Арктики.

Следует особо отметить, что Российская Арктика располагает тремя объектами Всемирного наследия ЮНЕСКО: комплекс памятников Соловецкого архипелага – объект культурного наследия; Плато Путорана и Государственный заповедник «Остров Врангеля» – объекты природного наследия.

Цвет условного знака на картах показывает время сооружения памятника. Все карты сопровождаются текстами и фотоматериалами.

Работа выполнена по заказу АО «Роскартография».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картографирование, культурное наследие, природное наследие, Национальный атлас Арктики.

Petr V. Boyarsky[1], Anatoly I. Elchaninov[2]

CULTURAL, RELIGIOUS AND NATURAL HERITAGE IN THE NATIONAL ARCTIC ATLAS

ABSTRACT

Historical and cultural heritage sites in the Arctic provide a vivid and convincing evidence of the Arctic lands development and study priority in the Russian national agenda. The main work for revealing and investigation the majority part objects of the cultural Heritage on the islands, archipelagos and part of the Arctic sea-coast were executed in 1986–2016 years by Artie Marine Expedition of the Heritage Institute and Fund of the Polar Investigations.

The National Arctic Atlas has 22 sections. The Heritage section is quite modest – only 28 pages out of the total 496 A3 pages.

All maps have been made by the Cartography and Geoinformatic Systems Center and the Integrated Arctic Marine Expedition of the Heritage Institute.

The map keys are used to mark the following elements:
– archaeological heritage,
– harvesting activities heritage sites,
– the Northern Sea Route outposts,
– monumental art sites, historical sites,
– historical sites associated with the pioneers of the Arctic development and research in the 16th–20th centuries,
– marine infrastructure facilities,
– science and engineering heritage objects,
– underwater heritage objects,
– architectural heritage sites,

[1] Russian Scientific Research Institute of Cultural and Natural Heritage after D.S. Likhachev, Kosmonavtov str., 2, 129366, Moscow, Russia, *e-mail:* **nord.pb@mail.ru**
[2] Russian Scientific Research Institute of Cultural and Natural Heritage after D.S. Likhachev, Kosmonavtov str., 2, 129366, Moscow, Russia, *e-mail:* **aelchaninov@mail.ru**

– spiritual heritage,
– specially protected natural territories,
– as well as museums with expositions of the history of research and development of the Arctic.

It should be noted that the Russian Arctic has three UNESCO World Heritage list sites: the Solovetsky Archipelago complex – the cultural heritage site; the Putorana Plateau and the State Reserve "Wrangel Island" – natural heritage sites.

The legend's color indicates the time of the object's construction. All maps are accompanied with text and photo illustrations.

The work has been performed for AO "Roskartographia".

KEYWORDS: mapping, cultural heritage, natural heritage, National Atlas of Arctic.

Национальный атлас Арктики является официальным государственным изданием, созданным в соответствии с поручениями Президента Российской Федерации от 29 июня 2014 г. № Пр-1530 и Правительства Российской Федерации от 15 июля 2014 г. № АХ-П9-5271. В его разработке и издании принимали участие более 100 ведущих российских специалистов из 23 научно-исследовательских, высших учебных и производственных организаций, а также из 12 министерств и ведомств, в том числе и Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачева (Институт Наследия) Министерства культуры Российской Федерации.

Национальный атлас Арктики – особый вид фундаментального комплексного картографического произведения, обобщающего современные знания о географических, климатических, экологических, экономических, историко-этнографических, культурологических и социальных особенностях Российской Арктики; о народах, населяющих эту территорию, с их культурой, национальными особенностями жизни и деятельности, природными условиями и ресурсами, памятниками истории и культуры, дающего согласованную пространственно-временную информацию об Арктической зоне Российской Федерации.

Большая часть содержания атласа представляет новые картографические сюжеты различной тематики, важные для изучения в свете современных представлений особенностей Арктического региона Российской Федерации. Основная специфика и ценность атласа состоит в картах междисциплинарного и трансграничного характера, систематизирующих и обобщающих многообразную информацию.

Цель подготовки Атласа – создать комплексный геопространственный информационный ресурс для анализа состояния природно-ресурсного потенциала и его динамики, оценки техногенных воздействий на природные комплексы и среду обитания человека, формирования разнообразных стратегических прогнозов развития социально-экономического комплекса Арктического региона в целом и его территорий в условиях изменяющегося климата; для разработки проектов рационального природопользования, охраны природы и защиты населения, в том числе коренных малочисленных народов, программ развития Арктического региона в интересах обеспечения национальной безопасности России и информационно-картографической поддержки принятия решений по управлению территорией.

Статус Национального атласа Арктики предполагает его применение в качестве официального научного информационно-справочного и прикладного документа, содержащего современную информацию о природно-ресурсном и историко-культурном потенциале территории, техногенных воздействиях на природные комплексы Арктической зоны Российской Федерации и среду обитания человека [Касимов и др., 2015].

Национальный атлас Арктики содержит 496 страниц размером А3 (43 × 29 см) и насчитывает 22 раздела, из которых два выполнил Институт Наследия. Это разделы: «История исследований, открытий и освоения Арктики» и раздел «Культурное, духовное и природное наследие» [Национальный атлас Арктики, 2017].

Культурное, духовное и природное наследие. Объекты историко-культурного наследия являются наиболее наглядной и убедительной основой доказательной базы приоритета России в освоении арктических островов, архипелагов и побережья, находящихся в современных границах Российской Федерации, особенно при решении спорных международно-правовых вопросов. Представленная в разделе информация на картах, фотографиях и в текстах напрямую связана также с проблемами безопасности России в Арктике.

Раздел раскрывает зоны концентрации и исторической значимости объектов культурного, природного и духовного наследия, их исконную связь с историческими процессами, происходившими в России на протяжении нескольких столетий; способствует оценке современного состояния историко-культурной среды. Он впервые вводит в научный и общественный оборот комплексный систематизированный наглядный материал по объектам историко-культурного наследия в их тесной взаимосвязи с природной средой. Это своеобразный свод исторических реалий, который будет способствовать гармоничному развитию межнациональных и этнических отношений, воспитанию патриотизма и возрождению духовности на примере мужества, героизма отечественных первооткрывателей, первопроходцев, включая представителей коренных малочисленных народов Севера, промышленников, мореплавателей, полярных исследователей, полярников, летчиков, гидрографов, военных и др.

Объекты культурного наследия, представленные в этом разделе Атласа, наглядно раскрывают не только многие малоизвестные страницы истории освоения российской зоны Арктики, но и забытые имена многих наших предшественников.

Раздел будет способствовать сохранению уникального культурного, духовного и природного наследия, его мониторингу и широкому использованию при рассмотрении проблем арктического туризма. Он важен для принятия решений при управлении территорией.

Сохранившиеся многослойные знания об объектах культурного, духовного и природного наследия должны стать основой для патриотического воспитания молодежи и широких слоев населения, прокладки новых туристских маршрутов, для создания новых научных трудов, научно-популярных и художественных произведений.

Через указанные объекты читателю представлена многообразная геопространственная информация, раскрывающая во всех аспектах историю становления и развития Арктической зоны, которая стала объектом картографирования. Комплексные карты культурного, природного и духовного наследия несут в себе тот информационный потенциал, без которого невозможна объективная оценка многих исторических событий и их реконструкция. Карты наглядно раскрывают историко-культурный, природный и духовный потенциал территории и последствия техногенного воздействия на историко-культурные, в том числе на археологические, объекты Арктической зоны России.

Основой для создания раздела стали результаты комплексных работ по выявлению, изучению, сохранению и использованию культурного и природного наследия Российской Арктики на протяжении 30 последних лет, которые ежегодно проводила Морская Арктическая комплексная экспедиция (МАКЭ), Фонд полярных исследований и Институт Наследия. Постоянным начальником и научным руководителем этих исследований на островах, архипелагах и частично на материковом побережье Северного Ледовитого океана является П.В. Боярский.

МАКЭ осуществлялось изучение всех выявленных объектов от древнейших времен и по настоящее время, включая, например, памятники истории создания ядерного оружия. Для самих исследований впервые применены основы историко-географических экспериментов в Арктике. Так, на всем протяжении Российской Арктики, в основном на ее островах и архипелагах, заработали отряды МАКЭ: Морской (рук. П.В. Боярский), Соловецкий (В.П. Столяров), Пустозерский (И.Б. Барышев), Беломорский (П.А. Филин), Яхтенные отряды (С.В. Седов и В.В. Кудрявцев). Много сделал для исследования природного наследия А.Н. Кулиев, а культурного и духовного – Н.А. Кузнецов, Ю.М. Плюснин, жители поселка Диксон Г.И. Лубнин и А.Ф. Лубнина.

МАКЭ за эти годы выявлено в Арктике более 1500 разнообразных объектов культурного и природного наследия, осуществляется работа по их фотофиксации, описанию и нанесению на карты. Стали выходить Труды МАКЭ, а с 2009 г. в издательстве «Paulsen» начала выходить под общей редакцией П.В. Боярского многотомная серия «Острова и архипелаги Российской Арктики»: «Новая Земля», «Вайгач», «Соловецкие острова», «Земля Франца-Иосифа».

С 1995 г. началась совместная работа МАКЭ с сектором Российского национального атласа культурного и природного наследия (сегодня Центр картографии и геоинформационных систем) Института Наследия (рук. А.А. Лютый, А.И. Ельчанинов) над созданием первых в нашей стране и за рубежом карт по культурному, природному и духовному наследию Новой Земли, Соловецкого архипелага, острова Вайгач и Земли Франца-Иосифа, сопровождающихся книгами-приложениями. Так был накоплен большой опыт для создания этого раздела в Атласе.

Необходимо подчеркнуть и то, что первый Национальный парк в Российской Арктике был создан в 2009 г. во многом благодаря многолетней постоянной инициативе и разработанному при участии МАКЭ проекту.

Безусловно, одного опыта МАКЭ и перечня выявленных объектов было недостаточно для более полного представления, особенно о многочисленных объектах археологии и подводного наследия. Поэтому в работе участвовал и полярный археолог Института Наследия С.В. Гусев (объекты Чукотки), и специалист по подводному наследию Института Наследия А.В. Окороков, и директор заповедника «Остров Врангеля» А.Р. Груздев. Нами была проведена работа по исследованию различных научных работ для пополнения списка объектами культурного и природного наследия, выявленными и изученными отечественными археологами Крайнего Севера и Арктики. Следует отметить, что наш раздел впервые в отечественной и зарубежной практике стало возможным создать благодаря первым комплексным исследованиям за последние 30 лет, а также трудам археологов и других специалистов, работающих на Крайнем Севере.

В 2015 г. Институт Наследия приступил в рамках Государственного задания к подготовке списка (Свода) объектов подводного наследия России [Окороков, 2018]. На сегодняшний день определено примерное место гибели более чем 150 кораблей и судов, нашедших свое последнее пристанище на дне вод Российской Арктики. Архивные источники сообщают нам, что только в проливе Горло, соединяющем Белое море с Ледовитым океаном, в 1870 г. погибло 50 парусников и пароход, а в 1894 г. – 25 судов. Воды арктических морей хранят останки судна В. Баренца, погибшего в Карском море в 1597 г. у северо-восточного побережья архипелага Новая Земля; 54-пушечного линейного корабля «Варахаил», затонувшего в 1713 г. близ острова Голец в Белом море; дубель-шлюпки «Якутск» – одного из судов Второй камчатской (Великой Северной) экспедиции, затертой льдами в августе 1735 г. у берегов современной бухты Прончищевой в море Лаптевых; парусно-моторной зверобойной шхуны «Геркулес» полярной экспе-

диции В.А. Русанова, затонувшей в районе западного побережья полуострова Таймыр у о. Песцовый в 1913–1914 гг.; и др.

Значительными были потери в северных морях в Первую мировую войну и еще больше – в Великую Отечественную войну 1941–1945 гг. Только один печально известный арктический конвой Q-17, настигнутый германской авиацией, потерял 23 судна из 35. На дно ушли 310 самолетов, 430 танков, 3350 грузовых автомобилей, 10 000 единиц военного оборудования и других грузов. Всего на внутренних и внешних коммуникациях в Заполярье торговый флот СССР в годы войны потерял 33 судна, а Северный флот – 3 эсминца, 22 подводные лодки, 16 сторожевых кораблей, 13 тральщиков, 12 торпедных катеров, 3 больших и 7 малых охотников за подводными лодками и 9 сторожевых катеров.

Общие потери Германии в Арктике в 1921–1944 гг. составили 79 транспортных судов, в том числе 39 немецких. Остальные до захвата их Германией принадлежали: Норвегии – 30, Франции – 4, Латвии – 2, Голландии, Дании, СССР, Эстонии – по 1.

До сих пор в заливе Миддендорфа в Карском море лежат останки легендарного парохода «Александр Сибиряков» (построен в 1909 г.), погибшего в неравном бою с германским крейсером «Адмирал Шеер»; пароходов «Енисей» и «Обь», погибших в 1921 г. на пути из устья Енисея в Архангельск; шхуны «Зверобой», затонувшей в устье реки Пясины в Карском море в 1930 г.; теплохода «Челюскин», раздавленного льдами 13 февраля 1934 г. в Чукотском море; труженика арктических путей парохода «Моссовет», затонувшего в море Лаптевых 31 августа 1946 г., и других кораблей и судов [Окороков, 2018].

Ограниченные объемом, мы не имели возможности дать даже краткие описания самих объектов. Их типы, виды и другие параметры указаны в самих условных обозначениях. Условные обозначения наглядно раскрывают насыщенность территории объектами культурного и природного наследия.

Многие объекты наследия могут быть отнесены одновременно к различным типам и видам памятников. Например, большинство многометровых деревянных восьмиконечных поморских приметных, обетных и могильных крестов являлись одновременно частью большой единой навигационной системы древних маяков. Многие из них стояли столетиями, а затем на этом же месте заменялись другими.

Многие объекты наследия в Арктике относятся к морскому наследию. И это не случайно. Ведь само арктическое мореплавание во льдах было освоено несколько столетий назад именно русскими первопроходцами и поморами.

Подавляющее большинство объектов находится на побережье островов, архипелагов и материка, они небывало быстрыми темпами разрушаются, что грозит массовой гибелью уникального наследия. Использование картографических методов изучения помогает наиболее наглядно представить и оценить совокупный культурный, природный и духовный материал при решении любых задач, связанных с картографируемой территорией.

Объекты историко-культурного наследия в Арктике служат наглядной и убедительной доказательной базой приоритета России в освоении и изучении арктических земель.

Разработка и составление карт выполнено сотрудниками Центра картографии и ГИС и МАКЭ Института Наследия [Стишков, 2013; Окороков, 2018; 1–9].

В разделе «Культурное, духовное и природное наследие» представлены следующие карты:

1. Кольский полуостров. Белое море. Масштаб 1 : 2 500 000.
2. Соловецкие острова. Масштаб 1 : 110 000 [Карта…, 2005].

3. Ненецкий автономный округ. Городской округ Воркута (Республика Коми). Остров Колгуев. Масштаб 1 : 2 500 000.
4. Земля Франца-Иосифа. Масштаб 1 : 1 700 000 [Земля Франца-Иосифа…, 2013; Карта…, 2011].
5. Новая Земля. Масштаб 1 : 2 500 000 [Карта…, 2015; Новая Земля…, 2009].
6. Остров Вайгач. Масштаб 1: 380 000 [Вайгач…, 2011; Карта…, 2000] (рис. 2, 3).
7. Ямало-Ненецкий автономный округ. Остров Белый. Масштаб 1 : 4 400 000.
8. Север Красноярского края. Полуостров Таймыр. Масштаб 1 : 5 000 000 (рис. 4–7).
9. Острова Карского моря. Северная Земля. Масштаб 1 : 4 000 000.
10. Северная часть Республики Саха (Якутия). Новосибирские о-ва. Масштаб 1 : 5 000 000.
11. Чукотский Автономный округ. Чукотский полуостров. Масштаб 1 : 5 000 000.
12. Остров Врангеля. Масштаб 1 : 1 850 000.

На картах специальными условными обозначениями (рис. 1) показано пространственно-временное расположение объектов наследия:

– *археологическое наследие* (стоянки, поселения, селища, городища, могильники, наскальные изображения, лабиринты и каменные выкладки, группы и комплексы памятников);

– *объекты наследия промысловой деятельности* (становища, стойбища, фактории, тони, ямы саамские);

– *опорные пункты Северного морского пути* (поселения, порты, маяки и створные знаки, аэродромы);

– *памятники монументального искусства*; *объекты истории* (Первой мировой войны 1914–1918 гг., Гражданской войны 1918–1922 гг., Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.);

– *объекты истории освоения Арктики первопроходцами и исследователями в XVI–XX вв.* (остроги, стоянки, зимовья, лагеря экспедиций, поселения, полярные и гидрометеорологические станции);

– *объекты мореходной деятельности* (гурии, маяки и створные знаки, порты, причалы, доки);

– *объекты наследия науки и техники* (рудники, шахты, штольни);

– *объекты, связанные с историей создания ядерного оружия*;

– *объекты подводного наследия* (памятные места гибели судов в период Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. и места отдания им почестей на месте гибели судов);

– *объекты архитектурного наследия* (жилые строения, общественно-административные здания);

– *объекты духовного наследия* (захоронения, братские могилы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., кресты обетные, поклонные, приметные, сейды, святилища, жертвенные места, церкви, часовни, монастыри, скиты, подворья);

– *особо охраняемые природные территории* (государственные природные заповедники, национальные парки, природные парки, государственные природные заказники, памятники природы, дендрологические парки, проектируемые и перспективные ООПТ, редкие и нуждающиеся в охране природные объекты);

– *музеи, имеющие экспозиции, посвященные истории исследования и освоения Арктики.*

Все карты сопровождаются текстами и фотоматериалами.

В качестве примера далее приводятся некоторые страницы из раздела «Культурное, духовное и природное наследие» Национального атласа Арктики.

Следует особо отметить, что Российская Арктика располагает тремя объектами Всемирного наследия ЮНЕСКО. Это комплекс памятников *Соловецкого архипелага* – объект культурного наследия; *Плато Путорана* и Государственный заповедник *«Остров Врангеля»* – объекты природного наследия.

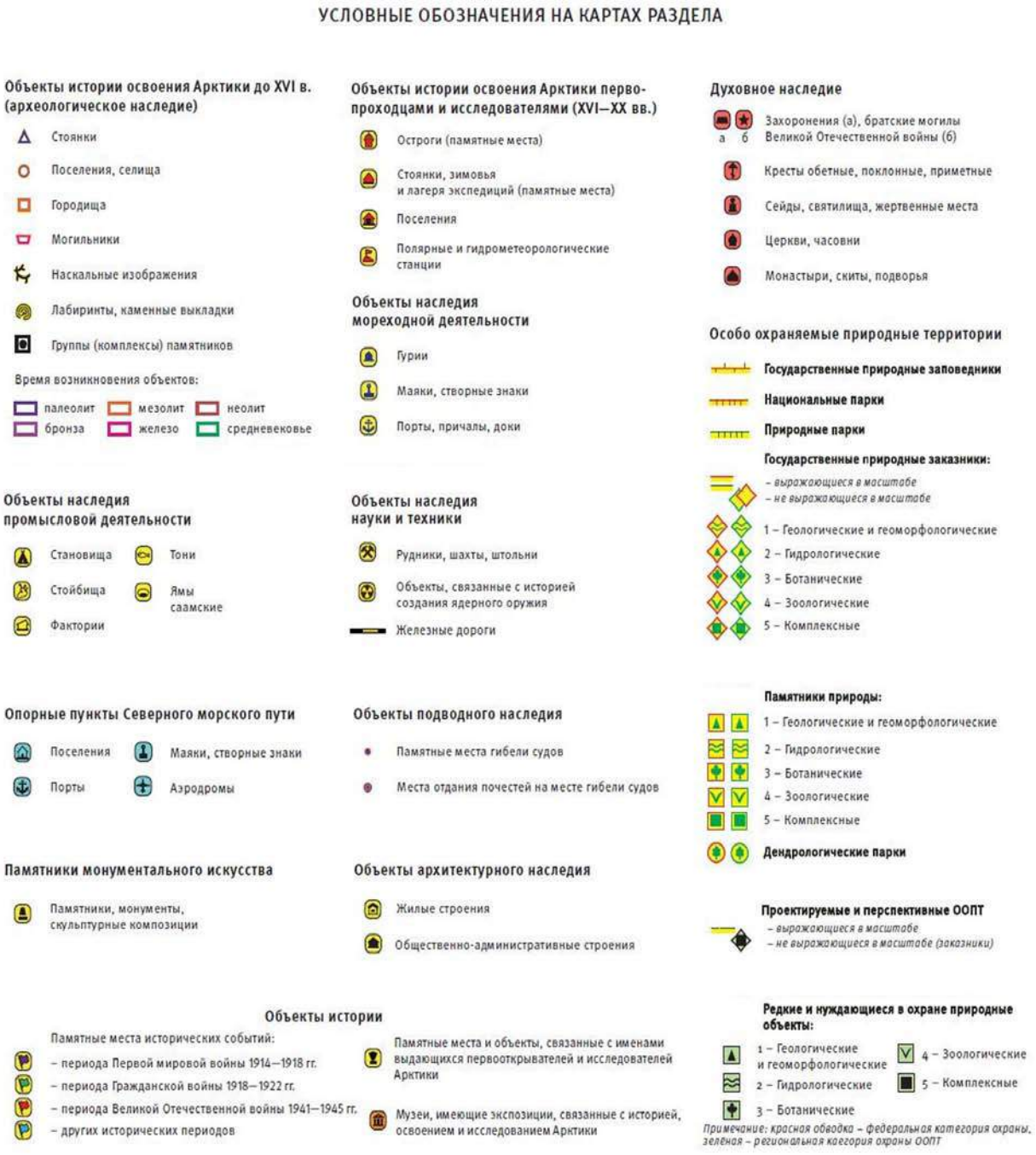


Рис. 1. Условные обозначения к картам раздела
«Культурное, духовное и природное наследие» Национального атласа Арктики
Fig. 1. Legend to the maps of Section "Cultural, spiritual and Natural Heritage"
of The National Arctic Atlas

Остров Вайгач издревле получил у ненецкого народа название «Хэбидя Я» («Священная Земля»). В истории неизвестен остров, подобный Вайгачу, на котором более тысячелетия находились главные святилища сменявших друг друга народов Севера (в том числе сихиртя — легендарных морских охотников и самоедов (ненцев-оленеводов и охотников), и всё это время на нём никто постоянно не жил, а паломничество к нему осуществлялось из века в век в экстремальных условиях с громадной по своей площади и расстояниям территории Европейского Севера и Западной Сибири вплоть до 20-х гг. XX века. В XVI веке он был хорошо известен и русским поморам, устанавливавшим на острове многометровые кресты.

1556 год. В поиске северо-восточного прохода в Китай и Индию у «Вайгачских островов» побывала на судне английская экспедиция С. Барроу. Здесь она встретилась с небольшими судами русских поморов из Холмогор и с Печоры. Русские рассказали, что на главном острове живут «самоеды». Они показали англичанам святилище с 300 самоедскими деревянными идолами.

1576 год. Из устья Печоры через Югорский Шар прошло до Оби русское судно экспедиции, которой руководил голландец О. Брюнель, служивший у сольвычегодских купцов Строгановых.

1580 год. Англичане А. Пит и Ч. Джекмен пытаются пройти северо-восточным проходом на двух судах. Льды не позволили экспедиции пройти восточнее Вайгача.

1594 год. К поиску северо-восточного прохода подключилась Голландия. В экспедиции участвовал В. Баренц. Он совершил плавание к северу Новой Земли. Два судна обследовали пролив Югорский Шар, впоследствии знаменитый «мыс Идолов» с сотнями идолов, вышли в Карское море и отправились в обратный путь. На островах западнее Вайгача (Долгом, Матвееве, Гольце) обнаружили громадные поморские кресты и остатки судов русских промышленников. На следующий год вновь повторили свою попытку. В Югорском Шаре нанесли на карты многометровые поморские кресты, встретили у Вайгача суда русских промысловиков.

1619 год. Правительственным указом прекращено торговое мореплавание в Обскую губу и Мангазею. Спе-

КУЛЬТУРНОЕ, ДУХОВНОЕ И ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ

364 НАЦИОНАЛЬНЫЙ АТЛАС АРКТИКИ

Рис. 2. Остров Вайгач. Национальный атлас Арктики, с. 364
Fig. 2. Vaygach Island. The National Arctic Atlas, p. 364

Полярная станция «Вайгач», 1914 г.
Северное побережье о. Вайгач, южнее мыса Мысаля

Вайгач экспедиция встретила суда русских промысловиков.

1619 г. Правительственным указом прекращено торговое мореплавание в Обскую губу и Мангазею. В проливе Югорский Шар и на острове Матвеев была выставлена стража, призванная следить за выполнением указа.

1666—1667 гг. Крестьяне Пустозёрского острога в челобитной сообщили царю, что по его указу ходили на судах для отыскания руды на Новую Землю и в Югорский Шар.

1734—1739 гг. Под начальством лейтенантов С. В. Муравьёва и М. Павлова, а с 1736 г. С. Г. Малыгина в Югорском Шаре, на Вайгаче и островах Долгом, Матвееве и Местном геодезистами морского отряда Великой Северной экспедиции была проведена съёмка части береговой линии.

1824 г. Отряды на карбасах под руководством штурмана И. Н. Иванова продолжили описи 1821–1822 гг. островов Вайгача, Долгого, Матвеева и пролива Югорский Шар в составе экспедиции Ф. П. Литке. Вторым отрядом руководил П. К. Пахтусов. На северной оконечности о. Долгого (бухта Сибирское становье) были обнаружены могилы и остатки землянок погибших здесь во время зимовки первой половины XVIII в. богомольцев, возвращавшихся на лодье из Соловецкого монастыря на р. Обь. Иванов в своём дневнике сообщает о сборном месте русских и ненецких «звериных промышленников» в Югорском Шаре (устье р. Никольской на материковом берегу), где есть часовня и четыре избы, а вокруг поставлены чумы. Он же сообщает о том, что на святилище Болванского Носа (мыс Дьяконова) острова Вайгач «собираются для жертвоприношения самоеды почти всех родов».

1827 г. На о. Вайгач для обращения в христианство самоедов прибыл начальник духовной миссии архимандрит Сийского монастыря Вениамин, который хорошо знал язык самоедов, составил его первую грамматику и лексикон, перевёл на него Евангелие от Матфея и другие книги Нового Завета. По его словам, «после крещения самоедов в Югорском Шаре близ Вайгача идол Весака (главное божество у самоедов, святилище которого находилось на Болванском Носу острова Вайгач) со всеми прочими истуканами и с многочисленными привесками был сожжён самими самоедами».

1893 г. Лейтенант М. Е. Жданко на мысе Гребень на Вайгаче установил знак — каменную пирамиду.

1898 г. В Хабарове (южное побережье пролива Югорский Шар) и на острове Вайгач побывал художник А. А. Борисов. Он сообщает, что кроме часовни, в Хабарове построена А. М. Сибиряковым «великолепная деревянная церковь и большой дом с кладовыми». Художник побывал на северном Болванском Носу, где когда-то располагалось второе знаменитое святилище на острове, посвящённое Ходако (Старухе). В полукилометре от него он обнаружил «ветхий деревянный крест», возраст которого определил в 200 лет. Затем художник уговорил сопровождавших его ненцев, «чтобы они свозили его в горы и показали свою главную святыню» на Большой и Малой Болванских горах, где они посетили святилища верховного ненецкого бога Нума и Матери Богов – Неве-Хоге. Эти святилища, видимо, были более поздними, чем святилища Вэсако (Старика) и Ходако (Старухи) на южном и северном Болванских носах.

1898—1904 гг. На Вайгаче, в Югорском Шаре и на острове Матвеев работает Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана на корабле «Пахтусов» под начальством А. И. Вилькицкого, а затем — А. И. Варнека. В 1902 г. в составе экспедиции работал Г. Я. Седов.

1912—1914 гг. На Вайгаче в бухте Воронова строится одна из первых русских полярных станций «Вайгач». Священник Тельвисочного прихода Г. Юрьев устанавливает православные многометровые кресты в устье реки Грудинной и на Лямчином Носу.

1918 г. Норвежская экспедиция Р. Амундсена на судне «Мод» с 5 июля по 16 августа, не сумев пробиться через сплошной лёд в Карском море, проводила исследования в Югорском Шаре.

1920 г. Летом в Югорском Шаре работает русская гидрографическая экспедиция.

1921 г. К работам на о. Вайгач и в Югорском Шаре приступил Карский отряд Северной научно-промысловой экспедиции. Исследования проводили: геолог Н. А. Кулик, ботаники А. И. Толмачёв и Т. И. Баженова, зоолог Е. Л. Абакумов. Постоянного населения на острове ещё не было.

1925 г. В собранных геологом Шенкманом на побережье бухты Варнека образцах обнаружено высокое содержание цинка и свинца.

1927 г. В губе Долгой о. Вайгач открывается становище «Долгое». Здесь, в фактории строятся жилые дома, школа, две промысловые избушки. На острове проживают 98 ненцев и 2 русских. На Вайгаче работает геологическая экспедиция А. Н. Шенкмана.

1930 г. На остров прибывает первый пароход вайгачской экспедиции ОГПУ для разведки и добычи полезных ископаемых (свинцово-цинковой руды). На берегу бухты Варнека началось строительство бараков для 125 заключённых, отдельных домов для 7 вольнонаёмных сотрудников и различных хозяйственных зданий.

1931 г. На мысе Раздельном заложен рудник с первой шахтой, пущена в ход обогатительная фабрика, откуда добытая руда в тачках доставлялась на берег. В нескольких местах северной части острова А. Н. Флёров открыл присутствие меди и цинка, а ненец Семён Соболев открыл медное месторождение в губе Дыроватая. Месторождение меди и цинка было найдено также в губе Долгой и других местах. В 1931 г. среди заключённых в в Варнек прибыл геолог Е. П. Виттенбург.

Рудник на мысе Раздельный.
Архивная фотография

1932 г. Становище «Долгое» в начале 1930-х годов становится административным центром Вайгача. В посёлке Варнек построена электростанция и новые бараки, где были размещены 1100 заключённых.

Открыто новое месторождение Пайго-то, заложен рудник по добыче меди месторождения Дыроватого. В 1934 г. работы на Вайгаче постепенно сворачиваются и в 1941 г. прекращаются.

1940 г. На севере Вайгача (мыс Болванский Нос) открыта выносная (сезонная) станция.

1942 г. В проливе Югорский Шар немецкая подводная лодка потопила два буксира с баржами.

1946 г. На о. Вайгач и в Амдерме работают экспедиции под руководством П. В. Виттенбурга.

1950 г. Полярная станция «Вайгач», работавшая с 1914 г., перенесена на мыс Болванский Нос на севере острова и получила название «Болванский Нос». В дальнейшем станции было присвоено имя известного полярника, академика АН СССР Е. К. Фёдорова.

Старинные многометровые поморские кресты.
Остров Матвеев

Птенец канюка обыкновенного.
Заказник «Вайгач»

До начала 90-х гг. прошлого века и в наши дни на острове активно работают различные научные экспедиции. В 1984—1987 гг. проводила исследования археологическая экспедиция Л. П. Хлобыстина. С 1986 г. свои исследования по изучению наследия о. Вайгач проводит Морская арктическая комплексная экспедиция П. В. Боярского (МАКЭ) Института Наследия.

1998 г., 16 января. На о. Вайгач учреждён Государственный природный заповедник, в состав которого вошли так же острова Долгий, Матвеев и Голец с их уникальным наследием.

Остров Вайгач является своеобразными воротами в восточную Арктику. Он расположен между материком и архипелагом Новая Земля и отделяется от них проливами Югорский Шар и Карские Ворота, соединяющими Баренцево и Карское моря.

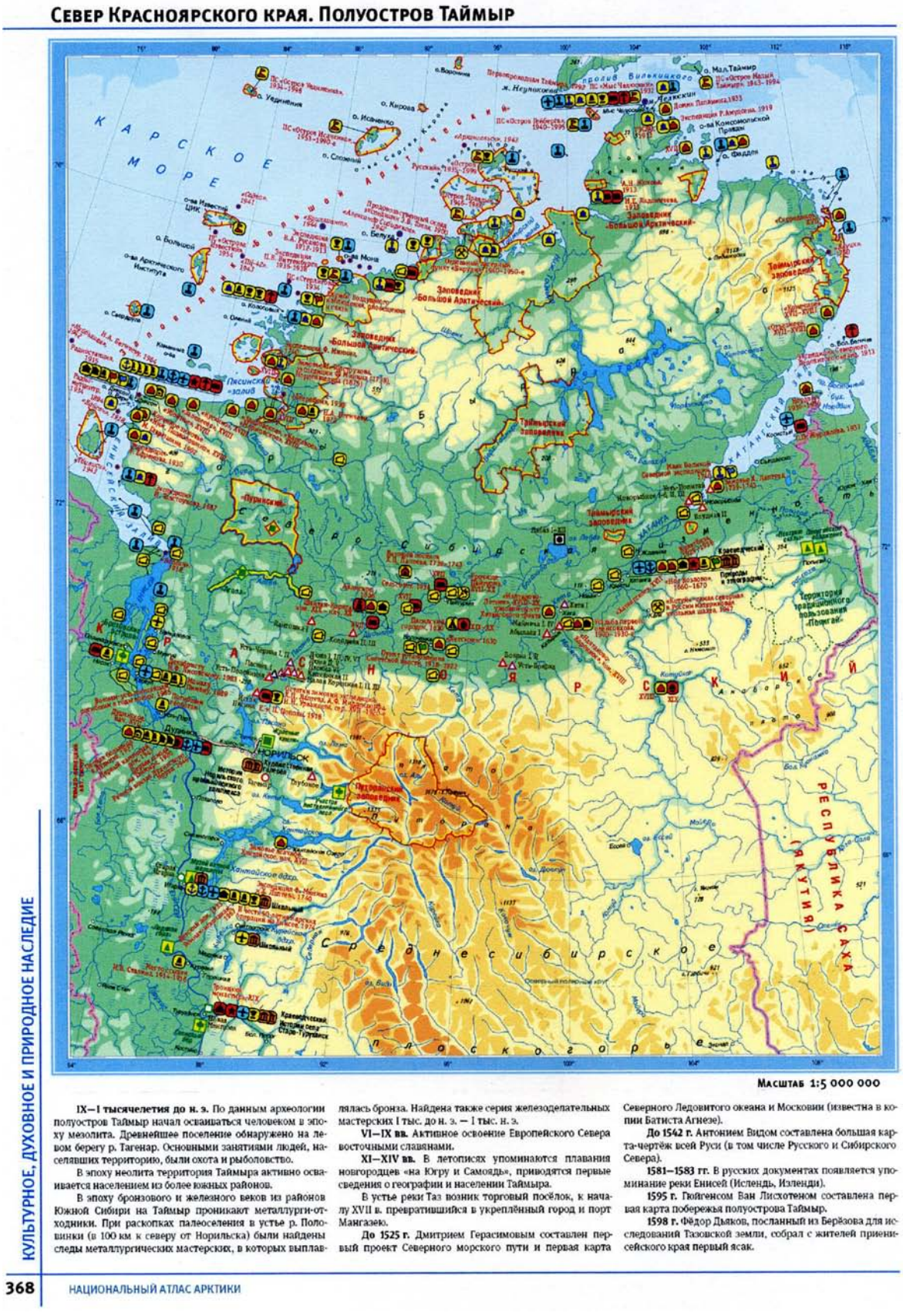
Остров Вайгач находится в тундровой природной зоне. В рельефе острова Вайгач выделяются приморские равнины и занимающие бо́льшую часть острова грядовые возвышенности, чередующиеся с межгрядовыми понижениями, к которым приурочены основные водотоки и многочисленные озёра. Среди них есть озёра тектонического происхождения (Пайхато, Янгото, Хесто). Реки часто образуют каньоны с водопадами и порогами (Хэхэяха, Янгояха, Талата Западная, Юнояха и др.). На водоразделах, берегах рек и озёр имеются многочисленные выходы коренных пород. В устьях крупных рек берега низменные, заняты приморскими маршами (губа Долгая, бухта Лямчина). Особенно интересны скальные выходы известняков и доломитов в долинах рек Болванская — Талата Карская, озеро Янгото — р. Сармик. Приморская равнина часто обрывается к морю абразионными уступами, сложенными кристаллическими породами (побережье от устья р. Дровяной до устья р. Талейяхи). Господствующие ландшафты — арктотундровые.

Остров Вайгач — ключевая орнитологическая территория, имеющая всемирное значение. Он является одним из значимых мест массового гнездования водоплавающих птиц: гусей (гуменник и белолобый), некоторых куликов (кулик-воробей, галстучник, чернозобик в Западной Арктике). В труднодоступных и малопосещаемых человеком районах острова известны гнездования птиц из Красных книг России и Ненецкого АО — сапсана (реки Талейяха, Красная, Талата Карская и др.), орлана-белохвоста (озёра Марато, Ясаруто, Хесто), малого лебедя (реки Ягояха, Зелёная, Талейяха и др.), белощёкой казарки (верховье реки Хэхэяха, мыс Карпово становье, р. Талейяха и др.). На полуострове Лямчин, мысах Карпово становье, Яройсале, Гребень обнаружены лежбища моржей. Часто, особенно на карском побережье, встречаются белые медведи. Сложный рельеф острова делает труднодоступными внутренние территории, которые практически не посещаются людьми, но благоприятны для гнездования птиц.

В настоящее время на о. Вайгач находится государственный региональный комплексный природный заказник «Остров Вайгач», образованный 29 мая 2007 г. Общая площадь заказника 242778 га. По разнообразию и уникальности растительного и животного мира, форм рельефа и ландшафтов остров уникален. Актуальность создания комплексного природного заказника обусловлена большой экологической, исторической, природоохранной, просветительской, эстетической и научной ценностью острова Вайгач.

Долина реки Юнояха.
Западное побережье острова Вайгач. Губа Лямчина

Рис. 3. Остров Вайгач (продолжение). Национальный атлас Арктики, стр. 365
Fig. 3. Vaygach Island (continuation). The National Arctic Atlas, p. 365



IX—I тысячелетия до н. э. По данным археологии полуостров Таймыр начал осваиваться человеком в эпоху мезолита. Древнейшее поселение обнаружено на левом берегу р. Тагенар. Основными занятиями людей, населявших территорию, были охота и рыболовство.

В эпоху неолита территория Таймыра активно осваивается населением из более южных районов.

В эпоху бронзового и железного веков из районов Южной Сибири на Таймыр проникают металлурги-отходники. При раскопках палеоселения в устье р. Половинки (в 100 км к северу от Норильска) были найдены следы металлургических мастерских, в которых выплавлялась бронза. Найдена также серия железоделательных мастерских I тыс. до н. э. — I тыс. н. э.

VI—IX вв. Активное освоение Европейского Севера восточными славянами.

XI—XIV вв. В летописях упоминаются плавания новгородцев «на Югру и Самоядь», приводятся первые сведения о географии и населении Таймыра.

В устье реки Таз возник торговый посёлок, к началу XVII в. превратившийся в укреплённый город и порт Мангазею.

До 1525 г. Дмитрием Герасимовым составлен первый проект Северного морского пути и первая карта Северного Ледовитого океана и Московии (известна в копии Батиста Агнезе).

До 1542 г. Антонием Видом составлена большая карта-чертёж всей Руси (в том числе Русского и Сибирского Севера).

1581—1583 гг. В русских документах появляется упоминание реки Енисей (Исленди, Изленди).

1595 г. Гюйгенсом Ван Лисхотеном составлена первая карта побережья полуострова Таймыр.

1598 г. Фёдор Дьяков, посланный из Берёзова для исследований Тазовской земли, собрал с жителей приенисейского края первый ясак.

Рис. 4. Север Красноярского края. Полуостров Таймыр. Национальный атлас Арктики, с. 368
Fig. 4. North of the Krasnoyarsk Krai. Taimyr Peninsula. The National Arctic Atlas, p. 368

Руины зимовья Р.Амундсена 1919—1920 гг. в районе бухты Мод. Полуостров Таймыр

1605—1608 гг. Поход купца и мореплавателя Луки Москвитина из Обской губы в Карское море — первый проход морем в Енисейскую губу, в ходе которого были открыты острова Олений и Сибирякова.

1607 г. Активное ведение промысла русскими охотничьими ватагами в Пясинской тундре.

1611 г. Река Хатанга впервые упоминается в ясачной книге Мангазеи.

1613 г. Основано ясачное зимовье Караул на Енисее — ныне одно из старейших поселений региона. На карте Г. Герритса обозначена р. Пясина.

1617—1619 гг. Строительство Енисейского острога боярским сыном Черкассом Рукиным. Начало планомерного освоения русскими Восточной Сибири.

1625—1626 гг. Присоединение Хатангского района к России.

1627 г. Составлена «Книга Большому чертежу», в которую включена «Роспись поморским рекам берегу Ледовитого океана».

1637 г. Основан Сибирский приказ (окончательно упразднён в 1763 г.).

1648 г. Первое упоминание о Норильске (под названием Медвежий Камень).

1667 г. Основание зимовья Дудинка (впоследствии — село, с 1951 г. — город).

1686 г. Плавание Ивана Толстоухова (посадского человека из Туруханска) на трёх кочах из Енисея вдоль западного берега Таймыра с целью выхода к устью Лены. В 1688 г. мореплаватели достигли Пясинского залива. И. Толстоухов погиб в районе островов Фаддея и залива Симса.

1696 г. Первое упоминание о промысловом зимовье в устье р. Пясины.

1720—1727 гг. Первая в истории Сибири научная экспедиция под руководством доктора медицины Д. Мессершмидта.

1732 г. Вышел Указ Сената об организации Великой Северной экспедиции (1733—1743 гг.).

1734—1741 гг. Работа Обско-Енисейского отряда Великой Северной экспедиции под командованием лейтенанта Д. Л. Овцына (с 1738 г. — штурмана Ф. А. Минина). Произведена первая гидрографическая опись побережья Сибири между устьями рек Обь и Енисей; открыты Гыданский залив и Гыданский полуостров; составлено описание о. Диксон (первоначально назван Большой Северо-Восточный, затем — Долгий, в XIX в. — Кузькин).

1735—1742 гг. Работа Ленско-Хатангского отряда Великой Северной экспедиции под командованием В. В. Прончищева (с 1737 г. — С. И. Челюскина; с 1739 г. — Х. П. Лаптева). Произведены работы по сухопутной и морской описи Таймырского полуострова.

5 мая 1742 г. Штурман С. И. Челюскин достиг крайней северной оконечности Евразии — мыса, позже названного в его честь.

1745 г. По материалам работ Великой Северной экспедиции Императорской Академии наук и художеств в Санкт-Петербурге издан географический «Атлас Российский». В нём впервые на карту были нанесены очертания полуострова Таймыр.

1842—1845 гг. Путешествие академика А. Ф. Миддендорфа на север и восток России. Его результатом стало первое научное описание полуострова и выделение понятий «Таймырский край» и «Таймыр» (щедрый, богатый — эвенк.).

1862 г. Экспедиция под командованием лейтенанта П. П. Крузенштерна на шхуне «Ермак» и яхте «Эмбрион», организованная купцом и меценатом М. К. Сидоровым пыталась пройти через Карское море в Енисей. Шхуна «Ермак» погибла у берегов Ямала.

1866 г. Экспедиция Сибирского отдела Императорского Русского географического общества под руководством И. А. Лопатина. Изучено геологическое строение правобережной части Енисейского залива и низовьев Енисея.

1874 г. Плавание парохода «Диана» (капитан И. Утгинс) — первого парового судна в Карском море, организованное на средства М. К. Сидорова.

1875 г. Экспедиция на зверобойной шхуне «Превен» во главе с Н. А.-Э. Норденшельдом, организованная шведским предпринимателем О. Диксоном. Норденшельд дал название острову Диксон.

1878—1879 гг. Первое сквозное плавание Северным Морским путём, осуществлённое на пароходе «Вега» под руководством Норденшельда.

1893—1896 гг. Экспедиция под руководством Ф. Нансена на судне «Фрам». Во время плавания вдоль берегов Таймыра в 1893 г. открыты острова Норденшельда.

1893 г. Экспедиция под командованием лейтенанта Л. Ф. Добротворского по проводке речных судов из Англии через Карское море в Енисей.

1894—1896 гг. Экспедиция под командованием подполковника А. И. Вилькицкого по описи устьев Оби, Енисея и части Карского моря.

1894—1897 гг. Переход судов экспедиции А. И. Вилькицкого «Лейтенант Овцын» и «Лейтенант Скуратов» с Енисея на Обь по Карскому морю.

1897 г. Плавание парохода «Иоанн Кронштадтский» из Норвегии в устье Енисея, в котором принимал участие адмирал С. О. Макаров.

1898—1904 гг. Работы Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана в Карском море.

1900—1902 гг. Работы Русской полярной экспедиции под руководством Э. В. Толля. Внесены значительные изменения в карту Таймырского полуострова, собран богатый материал в области биологии, геологии и др. наук.

1905 г. Экспедиция по перегону речных судов Министерства путей сообщения из Германии, Англии и Голландии на Енисей.

1905—1909 гг. Хатангская экспедиция под руководством И. П. Толмачёва. Выполнены работы по обследованию и описи побережья между реками Хатанга и Анабар.

1910—1915 гг. Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана под командованием генерал-майора И. С. Сергеева (с 1913 г. — капитана 2 ранга Б. А. Вилькицкого) на ледокольных пароходах «Таймыр» и «Вайгач». Открыт ряд новых географических объектов, выполнены исследовательские работы в различных областях. В 1914—1915 гг. осуществлён сквозной проход по Северному морскому пути (с одной зимовкой).

3 сентября 1913 г. Открытие экспедицией Б. А. Вилькицкого Земли Императора Николая II (с 1926 г. — Северная Земля).

7 сентября 1915 г. На о. Диксон начала работу первая радиотелеграфная станция. Основание посёлка Диксон.

1918 г. Экспедиция под командованием Б. А. Вилькицкого отправилась из Архангельска в устья сибирских рек. Одна из её главных целей — доставка радиостанций в Дудинку и Усть-Енисейск.

1918—1920 гг. Экспедиция под руководством Р. Амундсена на судне «Мод» в ходе которой были собраны сведения по метеорологии, гидрологии и геофизике, обширные этнографические, зоологические и орнитологические коллекции.

Август — сентябрь 1919 г. Товарообменная экспедиция под руководством Б. А. Вилькицкого из Архангельска в устья сибирских рек.

1919—1921 гг. Экспедиция под руководством Н. Н. Урванцева. В 1920 г. на западе полуострова Таймыр в районе реки Норильской обнаружено богатое месторождение каменного угля. В 1921 г. было открыто богатейшее месторождение медно-никелевых руд с высоким содержанием платины. На месте нынешнего Норильска был построен деревянный дом, сохранившийся до наших дней.

1920 г. Первая советская Карская экспедиция по доставке продовольствия из Сибири в Европейскую часть страны.

1922 г. Экспедиция Н. Н. Урванцева, в ходе которой он прошёл на лодке по неизученной р. Пясине (произведено её первое научное обследование) и морем до о. Гольчиха в устье Енисея. По пути найдена почта Р. Амундсена.

1930—1932 гг. Работы Североземельской экспедиции под руководством Г. А. Ушакова и Н. Н. Урванцева. Составлена карта архипелага Северная Земля.

Памятный знак МАКЭ участникам спасательной экспедиции 1903 г. под начальством А. В. Колчака. Остров Колчака

1932 г. Образован Таймырский автономный округ.

Сентябрь 1932 г. Открыта полярная станция «Мыс Челюскин» (с 1983 г. им. Е. К. Фёдорова).

1933—1934 гг. Работы геолого-разведочной экспедиции под руководством Н. Н. Урванцева на Северном Таймыре.

1934 г. Начало строительства порта Диксон и возникновение посёлка на материке.

1935 г. Начало строительства Норильского никелевого комбината.

1936 г. Начало строительства порта Дудинка.

1939 г. Норильск получил статус рабочего посёлка.

1940 г. Работы гидрографической экспедиции под руководством С. Г. Карандашёва в шхерах Минина, в ходе которых был открыт ряд новых островов, заливов и проливов.

1940—1941 гг. Работы Восточно-Таймырской зимовочной гидрографической экспедиции под руководством А. И. Косого. Выполнены опись и промеры на северо-восточном побережье Таймырского полуострова.

Декабрь 1941 г. Штаб морских операций западного района Северного морского пути впервые дислоцирован в порту Диксон.

25 августа 1942 г. Героический бой ледокольного парохода «А. Сибиряков» с германским тяжёлым крейсером «Адмирал Шеер».

27 августа 1942 г. Оборона порта Диксон от нападения крейсера «Адмирал Шеер».

1 января 1944 г. Создана Диксонская гидрографическая база (на основе лоцмейстерского отряда Архангельской гидробазы и нескольких отдельных гидрографических экспедиций).

26 сентября 1944 г. Полярная станция «Мыс Стерлигова» атакована моряками с германской подводной лодки.

1945 г. Работы гидрографической экспедиции под руководством П. Я. Михаленко в районе о. Большевик (архипелаг Северная Земля).

1956 г. Диксон получает статус рабочего посёлка.

1978 г. Атомный ледокол «Сибирь» и ледокол «Капитан Сорокин» провели в Дудинку караван из двух дизель-электроходов: «Павел Пономарёв» и «Наварин». Это положило начало круглогодичной навигации в Арктике.

1979 г. Учреждён государственный природный заповедник «Таймырский».

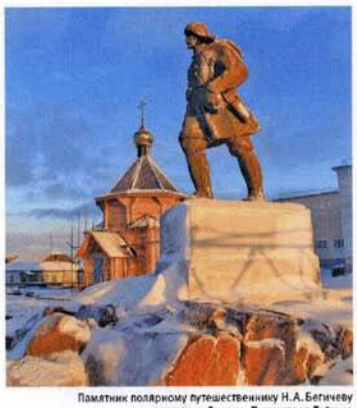
1993 г. Организован Большой Арктический государственный природный заповедник.

1996 г. Морская арктическая комплексная экспедиция (МАКЭ) Российского научно-исследовательского

Посёлок Мыс Челюскин. Мыс Челюскин. Полуостров Таймыр

Рис. 5. Север Красноярского края. Полуостров Таймыр (продолжение).
Национальный атлас Арктики, с. 369
Fig. 5. North of the Krasnoyarsk Krai. Taimyr Peninsula (continuation).
The National Arctic Atlas, p. 369

Север Красноярского края. Острова Карского моря. Архипелаг Северная Земля



Памятник полярному путешественнику Н.А. Бегичеву в поселке Диксон. Полуостров Таймыр

института наследия им. Д.С. Лихачёва и Фонда полярных исследований провела совместно с Ассоциацией полярных капитанов, Мурманским морским пароходством и с гидрографами Северного флота работы на мысе Могильном по перезахоронению погибших здесь в 1915 г. участников Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана (ГЭСЛО) лейтенанта А.Н. Жохова и кочегара И.Е. Ладоничева.

Образован государственный природный заказник федерального значения «Североземельский».

2007 г. Образован Таймырский Долгано-Ненецкий район Красноярского края (вместо автономного округа).

2005–2008 гг. Сотрудники Таймырского отряда МАКЭ (п. Диксон) Г.И. Лубнин, А.Ф. Лубнина, А.А. Есиков обследовали поморские зимовья на Берегу Петра Чичагова полуострова Таймыр.

Природные особенности. Арктические районы Красноярского края включают континентальную (полуостров Таймыр и прилегающую к нему с юго-запада материковую часть) и островную (архипелаги Северная Земля, Седова, Норденшельда, острова Сергея Кирова, Арктического Института, Известий ЦИК и др.) части с прибрежными акваториями.

Материковые районы сложены геологическими образованиями от архея до современных четвертичных отложений и представлены осадочными, вулканогенно-осадочными, вулканогенными, интрузивными и метаморфическими породами. Четвертичные отложения широко распространены и представлены осадками морской бореальной трансгрессии и разнообразными континентальными образованиями: ледниковыми, озёрными, речными, эоловыми и элювиально-делювиальными.

Территория относится к бассейнам двух морей Северного Ледовитого океана — Карского и Лаптевых. Карское море расположено преимущественно в пределах материковой отмели. Преобладают глубины 50-100 м. Много островов. Карское море — одно из самых холодных морей России, только близ устьев рек температура воды летом выше 0°С. Часты туманы и штормы. Большую часть года море покрыто льдами.

Юго-западную часть территории занимает бассейн р. Енисей — одной из крупнейших рек России. Другие крупные реки: Хатанга, Пясина, Таймыра (Верхняя и Нижняя). Вся территория сильно заозёрена, здесь насчитываются сотни тысяч озёр, среди которых большая часть — это небольшие по площади, мелкие озёра. Преобладают ледниковые и термокарстовые, причём генезис крупных равнинных озёр преимущественно ледниковый. Рыбохозяйственное значение имеют практически все поверхностные водные объекты пригодные для обитания рыб. Болота развиты на всей низменной части территории, отсутствуют только в горах Бырранга и в северной части Средне-Сибирского плоскогорья. Наиболее заболочены Северо-Сибирская низменность и бассейн р. Енисей.

Территория находится в трёх природных зонах: полярных пустынь, тундры и северной тайги (небольшой участок).

Растительный покров полярных пустынь крайне разрежен, большие пространства полностью лишены растительности, преобладают мхи и лишайники. Тип распределения растительности — куртинно-подушечный, покрытие составляет 10—15%.

В подзоне арктических тундр наиболее распространены полигонально-пятнистый (медальонный) и полигонально-сетчатый типы распределения растительности со средним покрытием 20—50%. Зональный тип — травяно-кустарничково-моховая тундра. В отличие от полярных пустынь роль лишайников меньше. Растительность обеднена, неустойчива, трудно восстановима, подвержена криогенной деградации.

Типичные тундры распространены в пределах Северо-Сибирской низменности, защищённой от холодных арктических воздушных масс горными цепями Бырранга. Они имеют сплошной растительный покров, местами пятна голого грунта занимают не более 15%. Зональный тип — кустарничково-травяно-моховые тундры. Нарушение или удаление мохового покрова в конечном счёте ведёт к серьёзной трансформации тундровой растительности. Наиболее значительные площади кустарниковые сообщества занимают в подзоне южных тундр, рассредоточенной на значительной территории западнее р. Большой Хеты.

По сравнению с южными тундрами основное отличие лесотундры — наличие редин и редколесий на водоразделах. Преобладающий тип растительности в лесотундровой зоне — лиственничные редколесья с кустарниками. Плоские каменистые водоразделы заняты каменистыми кустарничково-моховыми тундрами, на наиболее высоких участках — холодными лишайниковыми пустынями.

Северная тайга распространена в долине р. Котуй. В северо-таёжной зоне в качестве лесообразующей породы выступает лиственница, кроме того встречается ель, а также берёза и тополь.

Животный мир районов своеобразен. Для арктической фауны характерна относительно высокая плотность заселения при ограниченном количестве встречающихся видов. Для тундровой зоны, охватывающей более половины территории, характерна сезонность видового состава. Большинство птиц гнездится здесь только в летний период, а большая часть млекопитающих ведёт кочевой образ жизни, уходя в зимнее время из тундровой зоны на юг — в лесотундру и леса.

Лесотундровые и горно-лесотундровые ландшафты гораздо богаче по составу млекопитающих. В горно-северотаежную зону заходят многие представители фауны, основной ареал которых находится гораздо южнее — бурый медведь, лось, соболь, бурундук, белка, выдра, колонок.

Общая площадь действующих ООПТ краевого значения в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе составляет 2720 тыс. га.

Енисейский залив

Государственный природный комплексный заказник федерального значения «Североземельский» создан в 1996 г. Общая площадь — 421,7 тыс. га. Территория заказника занимает острова архипелага Северная Земля: Большевик, Октябрьской Революции и Домашний. Заказник создан для охраны ландшафтов горных и равнинных полярных пустынь, акватории фьордов. На территории заказника отмечено 87 видов сосудистых растений, около 200 видов споровых растений (мхи, лишайники). Фауна относительно бедна, что обусловлено суровыми климатическими условиями архипелага и прилежащих морских акваторий Карского и Лаптевых. В орнитокомплексе типичном для высокой Арктики зарегистрировано 32 вида птиц, из них 18 — гнездящиеся. Достоверно отмечено 11 видов млекопитающих. На территории заказника имеются птичьи базары, где гнездится, внесённый в Красную Книгу России вид — белая чайка. На островах постоянно присутствует белый медведь. В горных ущельях острова Октябрьской Революции имеются уникальные растительные сообщества с высоким флористическим богатством. Кроме того, заказник охраняет и памятники недавней истории. Остров Домашний — место базирования в 1930—1932 гг. экспедиции Г.А. Ушакова, которая совершила научный подвиг — за 3 года экспедиция из 4-х человек нанесла на карту неизвестный до этого архипелаг Северная Земля. Сохранились постройки экспедиции, здесь захоронен прах великого полярника согласно его завещанию.

В зоне арктических тундр общая площадь ООПТ составляет около 4 898 тыс. га. Это заповедник «Большой Арктический» и небольшая территория «Основного участка» заповедника «Таймырский».

Государственный природный заповедник «Большой Арктический» создан в 1993 г. на территории Диксонского административного района Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа. Его общая площадь 4 158 тыс. га, это крупнейший заповедник России и всей Евразии.

В заповеднике охраняются в естественном состоянии уникальные арктические экосистемы редких и исчезающих видов растений и животных. Заповедник состоит из 7 участков: Диксонско-Сибиряковский (183 тыс. га.), «Острова Карскго моря» (371,8 тыс. га), Пасинский (1067,2 тыс. га), «Залив Миддендорфа»(68,5 тыс. га), «Архипелаг Норденшёльда». (507,7 тыс. га), «Нижняя Таймыра». (1874,1 тыс. га), «Полуостров Челюскин». (84,6 тыс. га).

В заповеднике находятся под охраной редкие виды растений, в т. ч. включённые в Красную к ниту РФ: родиола розовая, лишайники азахинея Шоландера и омфалина гудзонская; эндемики Таймыра: бескильницы бырранская и Городкова, камнеломка почти одноцветковая. Водоплавающие птицы – один из основных объектов охраны в заповеднике; охраняются места гнездования и линьки чёрных казарок, места линьки популяций белолобого гуся в дельте р. Пясина, морские базары чаек-мёвок и чистиковых птиц (толстоклювая кайра, чистик). Под охраной находятся, включённые в Красную книгу России белоклювая гагара, атлантическая чёрная казарка, краснозобая казарка, пискулька, белая чайка, малый лебедь, сапсан, кречет, а также песчанка, песочник-красношейка, малая чайка; млекопитающие — белый медведь, морж атлантический, морж лаптевский, нарвал, дикий северный олень, росомаха, овцебык.

Государственный природный биосферный заповедник «Таймырский» создан 23 февраля 1979 г. Имеет кластерный характер, состоит из 4-х участков и охранной зоны. Общая площадь заповедника 2 717 832 га, в том числе полностью заповедных территорий — 1 780 072 га. Заповедник организован с целью сохранения и изучения естественных равнинных и горных тундровых экосистем, самых северных в мире лесных массивов, а также охраны эндемика России — краснозобой казарки, крупнейшей в мире таймырской популяции дикого северного оленя и вновь акклиматизированной популяции овцебыка.

В зоне горных тундр и горно-лесотундровой зоне действует государственный природный заповедник «Путоранский». Он образован в 1988 г., общая площадь — 1887,3 тыс. га. В 2010 г. заповедник получил международный статус и отнесён к объектам Всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО (объект «Плато Путорана» в границах заповедника и его охранной зоны).

Заповедник организован с целью охраны экосистем горного плато Путорана с хорошо развитым поясом горных тундр, лесотундр, лиственничных редколесий и северо-таежных лесов в долинах рек, своеобразного растительного мира и редких видов животных и растений. Кроме того к объектам охраны относятся уникальные ландшафты столовых гор (плато), каньонообразные котловины гигантских тектонических озёр, множество водопадов. Редкие и исчезающие виды животных, включённые в Красные книги различного ранга: путоранский подвид снежного барана, пискулька, орлан-белохвост, кречет, белоклювая гагара, малый лебедь, лебедь-кликун, скопа, беркут, орлан-белохвост, сапсан, серый и чёрный журавли. Особое внимание уделяется мониторингу со-

Рис. 6. Север Красноярского края. Острова Карского моря. Архипелаг Северная Земля. Национальный атлас Арктики, с. 370

Fig. 6. North of the Krasnoyarsk Krai. Islands of the Kara sea. The Archipelago of Severnaya Zemlya. The National Arctic Atlas, p. 370

стояния миграционных путей диких северных оленей таймырской популяции, основная часть которых (около 400–600 тыс. особей) ежегодно проходит через заповедник. Редкие и исчезающие виды растений: остролодочник путоранский; эндемик гор Путорана и Бырранга — овсяница ушковатая; эндемики севера Сибири — ситник длинноносый, остролодочник таймырский и одуванчик длиннорогий.

На территории районов организованы 7 особо охраняемых природных территорий: 5 федерального значения и 6 регионального общей площадью 11 475,344 тыс. га, что составляет около 13% территории.

Северная Земля. Архипелаг открыт 4 сентября 1913 г. гидрографической экспедицией 1910–1915 годов Бориса Вилькицкого. Сначала назван участниками экспедиции словом «Тайвай» (по первым слогам названий экспедиционных ледоколов «Таймыр» и «Вайгач»). Официальное название — «Земля Императора Николая II», в честь царствовавшего в то время российского императора Николая II, архипелаг получил 10 (23) января 1914 года, когда оно было объявлено приказом №14 морского министра. Продолжаются споры о том, кто был инициатором данного наименования. Известно, что Борис Вилькицкий был его сторонником как до появления приказа №14, так и спустя два десятилетия. Первоначально предполагалось, что архипелаг представляет собой один остров.

11 января 1926 года Президиум ВЦИК постановил переименовать о. Земля Императора Николая II в о. Северная Земля, а группе островов в составе: Земля Императора Николая II, Малый Таймыр и Старокадомского — в Таймырский архипелаг. Остров Цесаревича Алексея был переименован в остров Малый Таймыр. Впоследствии, в 1931–1933 гг., были открыты образующие архипелаг острова, которые получили от советских первооткрывателей (Николая Урванцева и Георгия Ушакова) названия Пионер, Комсомолец, Большевик, Октябрьской Революции, Шмидта. Бывшее название крупнейшего из островов архипелага стало названием всего архипелага.

1 декабря 2006 г. Думой Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа было принято постановление, по которому предлагалось возвратить архипелагу Северная Земля прежнее название Земля Императора Николая II, а также переименовать о. Малый Таймыр в о. Цесаревича Алексея, о. Октябрьской революции — в о. Святой Александры, о. Большевик — в о. Святой Ольги, о. Комсомолец — в о. Святой Марии, о. Пионер — в о. Святой Татьяны и о. Домашний — в о. Святой Анастасии.

Однако после объединения Красноярского края и Таймырского (Долгано-Ненецкого) АО Законодательное собрание края не поддержало эту инициативу.

Северная Земля расположена в центральной части Северного Ледовитого океана. С запада берега архипелага омывают воды Карского моря, с востока — море Лаптевых. От континентальной части Красноярского края Северная Земля отделена проливом Вилькицкого длиной 130 км и шириной в самом узком месте между мысом Челюскина и южной оконечностью островов Транзе у берегов о. Большевик — 56 км. Самой удалённой от материка точкой является мыс Земляной на о. Шмидта, отдалённый от полуострова Таймыр на 470 км.

Самая северная точка островов — мыс Арктический на о. Комсомолец (81° 16′ 22,92″ с. ш.), расстояние от него до Северного полюса составляет всего 990,7 км, поэтому мыс часто используется в качестве стартовой точки арктических экспедиций; самая южная точка — мыс Непокоева на о. Большевик (77° 55′ 11,21″ с. ш.), самая западная — безымянный мыс на крайнем западе о. Шмидта (90° 04′ 42,95″ в. д.), самая восточная — в районе мыса База на о. Малый Таймыр (107° 45′ 55,67″ в. д.). Расстояние с севера на юг 380 км, с запада на восток — 404 км.

Почти 47% (17,5 тыс. км²) площади Северной Земли покрыто льдом. 14% береговой линии приходится на ледниковые берега, для которых характерна крутизна с высотой обрывов до 30 м. Всего на архипелаге насчитывается 20 крупных ледников. Максимальные высоты островов — 963 м на о. Октябрьской Революции, 874 м на о. Большевик, 781 м на о. Комсомолец, 385 м на о. Пионер и 325 м на о. Шмидта. Эти отметки намного превышают значения, указанные на первых картах, где, например, наивысшей точкой о. Октябрьской Революции считалась отметка в 625 м, а о. Большевик — 300 м. Отдельных ледников больше всего на о. Октябрьской Революции — 7, на о. Большевик – 6, на о. Комсомолец — 4, на о. Пионер — 2, на о. Шмидта — 1. Для ледников на этих островах характерна куполообразная форма с плавно понижающейся поверхностью. Ледяные обрывы встречаются лишь у подножья.

Места, где ледники выходят к морю, часто служат источником образования айсбергов. Наиболее активные участки — восточное (бухта Кренкеля) и южное побережье ледника Академии Наук острова Комсомолец и побережье ледника Русанова в районе фьорда Матусевича на о. Октябрьской Революции. За счёт образования айсбергов береговая линия в этих местах меняется в течение года более чем на километр, что не типично для прочих берегов архипелага. Размеры образующихся айсбергов обычно не превышают двух километров в длину, но бывают и исключения: в 1953 г. был зафиксирован айсберг рекордных размеров — 12 км в длину и до 4 км в ширину.

Для свободной ото льда территории островов характерны многочисленные каменистые россыпи. На о. Большевик они занимают почти треть не покрытой льдом площади.

Новейшие карты Северной Земли показали наличие не зафиксированной ранее системы рек и озёр. Девять рек архипелага имеют более 20 км в длину, из них: на о. Комсомолец реки Озёрная и Ушакова — протяжённостью 64 и 58 км в длину, на о. Большевик р. Тора длиной почти 50 км и р. Скалистая длиной 45 км. Реки Северной Земли порожистые, ширина и глубина варьируются в зависимости от сезона и погоды, в середине лета, с началом повсеместного таяния снегов они становятся полноводными, в прочее же время глубина их не превышает одного метра. С сентября по июль реки покрыты льдом.

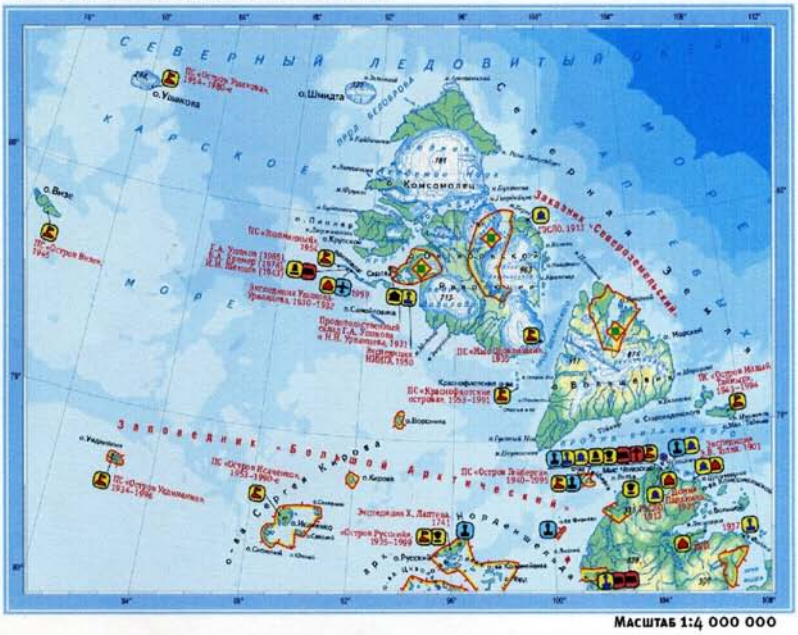
Значительных озёр немного, площадь большинства из них не превышает 3 км². Самое крупное озеро — Спартаковское, находится на о. Большевик и имеет площадь около 60 км².

Климат островов — морской, арктический. Средняя многолетняя температура −14 °С. Минимальная температура зимой достигает −47 °С, частый сильный штормовой ветер со скоростью до 40 м/с. Летом наивысшая температура поднимается до +6,2°С; средняя температура января от −28 до −30 °С, июля от 0 до +2°С. За год выпадает от 200 до 500 мм осадков, преимущественно летом; максимум приходится на август, причём бо́льшая часть осадков выпадает на северо-западе Северной Земли. На глубине 15 см находится многолетняя мерзлота.

Во время длительной полярной ночи происходит большая потеря тепла через эффективное излучение. Поэтому температуры подстилающей поверхности в это время (с октября по март включительно) очень низкие. Так, средняя температура поверхности в январе–марте составляет от −31,2 до −31,8 °С. Процесс выхолаживания приземного арктического воздуха наиболее интенсивно происходит над островами.

Даже свободные ото льда участки островов архипелага небогаты растительностью. На о. Большевик территория, занятая арктической тундрой, не превышает 10% от общей площади, и чем дальше на север, тем меньше становится этот показатель. Так, на о. Октябрьской Революции тундрой занято лишь 5%, а на о. Комсомолец растительности нет вообще. Из растений в основном мхи и лишайники, из цветковых — лисохвост, мак полярный, камнеломка, крупка.

Более богат животный мир островов. Из птиц встречаются полярная сова, кулики, пуночка, белая чайка, розовая чайка, поморник, глупыш, бургомистр, моевка, моянка и крачка, реже гага, гагара, белая куропатка, серебристая чайка и вилохвостая чайка. Из млекопитающих — белый медведь, заходящие с материка дикие северные олени, песцы, волки, лемминги и другие мелкие грызуны. В прибрежных водах обитают нерпы, гренландские тюлени, белуха, моржи (в том числе эндемик моря Лаптева — лаптевский морж, Odobenus rosmarus laptevi) и лахтак.



Полярная станция «Мыс Стерлигова». Полуостров Таймыр

Могилы лётчиков и полярников. Мыс Челюскин. Полуостров Таймыр.

Рис. 7. Север Красноярского края. Острова Карского моря. Архипелаг Северная Земля (продолжение). Национальный атлас Арктики, с. 371

Fig. 7. North of the Krasnoyarsk Krai. Islands of the Kara sea. The Archipelago of Severnaya Zemlya (continuation). The National Arctic Atlas, p. 371

АТЛАС завершают:

Указатель географических названий, который содержит все названия географических объектов, помещенных на картах Атласа, сформирован по алфавиту и насчитывает порядка 7277 наименований.

Словарь терминов – содержит определения специальных понятий, употребляемых в текстах тематических разделов Атласа. Их насчитывается 507 наименований.

Список использованных источников насчитывает 384 наименования.

«Национальный атлас Арктики» в силу своей новизны и оригинальности содержания, научного и прикладного значения займет достойное место в ряду классических картографических изданий. Атлас, являясь современным картографическим произведением, издан в полиграфической и электронных версиях.

В заключение можно отметить, что «Национальный атлас Арктики» является базой данных при решении задач сохранения и развития этого региона, станет серьезным аргументом в решении различных геополитических, экономических и социальных задач. Также он может служить важным энциклопедическим пособием для общего ознакомления с этим значимым для нашей страны регионом, принесет большую пользу при изучении географии, истории, культуры страны и других смежных дисциплин в учебных заведениях разного уровня.

Работа выполнена в Институте Наследия по заказу АО «Роскартография».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайгач. Остров арктических богов. Монография / Под общ. ред. П.В. Боярского. М.: Изд-во «Paulsen», 2011. 576 с.
2. Земля Франца-Иосифа. Монография / Под общ. ред. П.В. Боярского. М.: Изд-во «Paulsen», 2013. 680 с.
3. Карта «Архипелаг Земля Франца-Иосифа. Природное и культурное наследие». Масштаб 1 : 500 000 / Отв. ред. П.В. Боярский. М.: Институт Наследия, Изд-во «Paulsen», 2011.
4. Карта «Новая Земля. Культурное и природное наследие». Масштаб 1 : 1 000 000 / Ред.-сост.: П.В. Боярский, А.И. Ельчанинов и др. М.: Институт Наследия, 2015.
5. Карта «Остров Вайгач. Природное и культурное наследие». Масштаб 1 : 200 000 / Отв. ред. П.В. Боярский и др. М.: Институт Наследия, 2000.
6. Карта «Соловецкие острова. Духовное, культурное и природное наследие». Масштаб 1 : 50 000 / Отв. ред. П.В. Боярский. М.: Институт Наследия, 2005.
7. *Касимов Н.С., Котляков В.М., Чилингаров А.Н. и др.* Национальный атлас Арктики: структура и этапы разработки // Лед и Снег. 2015. № 1 (129). С. 4–14.
8. Национальный атлас Арктики. М.: АО «Роскартография», 2017. 496 с.
9. Новая Земля. Монография / Под общ. ред. П.В. Боярского. М.: Изд-во «Paulsen», 2009. 410 с.
10. *Окороков А.В.* Свод объектов подводного культурного наследия России. Ч. II. Моря российской части Арктики и Дальнего Востока. М.: Институт Наследия, 2018. 224 с.
11. *Стишков М.С.* Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. 433 с.

REFERENCES

1. Franz-Josef Land. Monograph / Ed. P.V. Boyarsky. M.: Publishing "Paulsen", 2013. 680 p. (in Russian).
2. *Kasimov N.S., Kotlyakov V.M., Chilingarov A.N. et al.* National Atlas of Arctic: structure and creation approaches. Ice and Snow. 2015. No 1 (129). P. 4–14 (in Russian).

3. Map "Archipelago Franz-Josef Land. Natural and Cultural Heritage". Scale 1 : 500 000 / Ed. P.V. Boyarsky. M.: Institute Heritage, Publishing "Paulsen", 2011 (in Russian).
4. Map "Novaya Zemlya. Cultural and Natural Heritage". Scale 1 : 1 000 000 / Eds.: P.V. Boyarsky, A.I. Elchaninov et al. M.: Institute Heritage, 2015 (in Russian).
5. Map "Solovetsky Islands. Spiritual, Cultural and Natural Heritage". Scale 1 : 50 000 / Ed. P.V. Boyarsky. M.: Institute Heritage, 2005 (in Russian).
6. Map "Vaygach Island. Natural and Cultural Heritage". Scale 1 : 200 000 / Eds. P.V. Boyarsky et al. M.: Institute Heritage, 2000 (in Russian).
7. National Atlas of Arctic. M.: AO "Roskartographia", 2017. 496 c. (in Russian).
8. Novaya Zemlya. Monograph / Ed. P.V. Boyarsky. M.: Publishing "Paulsen", 2009. 410 p. (in Russian).
9. *Okorokov A.V.* Summary of underwater Cultural Heritage sites of Russian. Part II. The seas of the Russian Arctic and Far East. Underwater Cultural Heritage of the Russian Arctic and the Far East. M.: Institute Heritage, 2018. 224 p. (in Russian).
10. *Stishkov M.S.* Specially protected natural areas of the Russian Arctic: current state and prospect of development. M.: World Wide Fund for Nature (WWF), 2013. 433 p. (in Russian).
11. Vaygach. Island of the Arctic gods. Monograph / Ed. P.V. Boyarsky. M.: Publishing "Paulsen", 2011. 576 p. (in Russian).

УДК 912.44; 912.411; 912.412; 912.428; 910.3; 741.9; 744

Маркова О.И.[1]

ОБРАЗЫ РУССКОГО СЕВЕРА В ХУДОЖЕСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АТЛАСА АРКТИКИ

АННОТАЦИЯ

Атлас «Российская Арктика: пространство, время, ресурсы», издаваемый при поддержке ПАО НК «Роснефть», содержит разнообразную информацию о природной среде, хозяйственном освоении и социальной сфере Российской Арктики; при этом значительное внимание уделено геологии и месторождениям полезных ископаемых и, прежде всего, нефти и газу.

При создании Атласа большое значение придано дизайну и использованию различных видов информации, в том числе некартографической, хотя она и не является главной. Множество тем атласа, кроме основной информации – карт (среди которых размещено большое количество старинных) и сопроводительных, а также самостоятельных научно-познавательных текстов, проиллюстрировано различными изображениями, создающими образ Русского Севера. Среди них – космические снимки, авторские фотографии, в том числе снятые с воздушных носителей, графики и диаграммы, рисунки, гравюры, живописные картины художников, национальные орнаменты и рисунки народов Севера. Вся эта разнообразная информация потребовала написания небольших текстов, выполняющих функции логических связок между различными темами и позволяющих читателю, не сведущему в конкретной теме, получить представление о том или ином изображаемом явлении. Такой подход позволил максимально популяризировать Атлас, который при этом не потерял своей научной ценности. В оформлении Атласа использованы произведения как современных фотографов и художников, так и старинных.

Некартографические изображения в Атласе позволяют взглянуть на рассматриваемое в теме явление с другой стороны и в другом масштабе. В связи с этим их активное использование в современном атласе весьма актуально.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дизайн современного географического атласа, Российская Арктика, образы Русского Севера, некартографические изображения, популяризация научных знаний.

Olga I. Markova[2]

IMAGES OF THE RUSSIAN NORTH IN THE ART AND GRAPHIC SUPPORT OF THE ATLAS OF THE ARCTIC

The Atlas "The Russian Arctic: Space, Time, Resources", published with the support of PJSC OC "Rosneft", contains a various information on the natural environment, economic development and social sphere of the Russian Arctic; wherein considerable attention is paid to geology and mineral deposits and, first of all, to oil and gas.

When creating the Atlas, great importance is attached to the design and using of various types of information, including non-cartographic information, although it is not the principal one. A lot of

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **solntsevaolga@rambler.ru**

[2] Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Leninskiye Gory 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **solntsevaolga@rambler.ru**

the themes of the atlas, except basic information – maps (among which there are a large number of ancient maps) and accompanying texts as well as independent scientific-cognitive, is illustrated by various figures that create images of the Russian North. Among them – space images, author's photos, including those photos taken from air carriers, graphics and diagrams, drawings, engravings, pictures of painters, national ornaments and drawings of the peoples of the North. All this varied information required the writing of small texts that perform the functions of logical connectives between different topics and allow the reader, who is not versed in a particular topic, to get an idea of this or that pictorial phenomenon. This approach allowed maximally popularize the Atlas, which wherein did not lose its scientific value. The design of the Atlas uses works of both contemporary photographers and painters, and ancient ones.

Non-cartographic images in the Atlas allow to look at the phenomenon under consideration in the topic on the other side and on a different scale. In this regard, their active using in the modern atlas is very important.

KEYWORDS: design of the modern geographic atlas, the Russian Arctic, images of the Russian North, non-cartographic images, popularization of scientific knowledge.

ВВЕДЕНИЕ

Атлас «Российская Арктика: пространство, время, ресурсы» подготовлен к изданию при обеспечении и на базе научно-исследовательских подразделений ПАО НК «Роснефть» (Публичное акционерное общество Нефтяная компания «Роснефть»). Атлас представляет собой свод разнообразной географической и исторической информации о российской и мировой Арктике. Объем атласа достигает более 800 страниц.

В разработке содержания атласа приняли участие следующие организации: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; Северный Арктический федеральный университет (г. Архангельск); Институт проблем освоения Севера (г. Тюмень); Институт комплексных исследований Арктики (г. Архангельск); Институт экономики и организации промышленного производства (г. Новосибирск); Институт географии РАН (г. Москва); Институт криосферы Земли СО РАН (г. Тюмень); Российский государственный музей Арктики и Антарктики (г. Санкт-Петербург); Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН; Институт геологии им. Н. Юшкина Коми НЦ УрО РАН; Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева.

Издательско-картографическая разработка Атласа осуществилась на базе издательства «Феория». В издательской подготовке активно участвовали МГУ им. М.В. Ломоносова, Библиотека Российской академии наук (г. Санкт-Петербург), Российская государственная библиотека (г. Москва), Государственная публичная историческая библиотека России (г. Москва), Архангельский краеведческий музей, Чукотский окружной краеведческий музей, Институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева, Российский государственный музей Арктики и Антарктики, Музейный центр «Наследие Чукотки».

Особое внимание в Атласе уделено нефтегазовым ресурсам и нефтегазодобыче в Арктическом регионе.

Структура атласа

Атлас Арктики включает в себя следующие разделы:

Введение.

Арктика. В разделе подробно описаны основные характеристики мировой Арктики: физическая и политическая география, сравнение с Антарктикой, краткая история, граница Арктической зоны, геология и тектоника, нефть и газ, Северный Ледовитый океан,

шельф, морские течения и льды, климат, оледенение и мерзлота, растительность и животный мир, экология, заселение и народы.

Российская Арктика: общий раздел содержит информацию об общих физико-географических и административных характеристиках Российской Арктики и субъектов федерации, входящих в ее зону.

Геология. В разделе размещена информация о геологии, тектонике, геодинамике, геофизике, геохимии, полезных ископаемых, стратиграфии, палеонтологии и геоморфологии Российской Арктики.

Ледники и криолитозона. Раздел содержит информацию об истории, современном размещении и динамике оледенений, вечной мерзлоте, строительстве и промышленности в ее условиях, современной перигляциальной природе.

Климат. Рассмотрены основные климатические характеристики (температура, осадки и т. д.) в Арктике и особенности их изменений.

Моря. Северный Ледовитый океан. Показаны отдельные моря, а также их общие характеристики: температура и соленость воды, гидрохимия, плавучие льды.

Гидрология. В разделе содержится информация о реках, озерах, болотах и опасных гидрологических процессах в Арктике.

Почвы. Растительный и животный мир. В разделе рассматриваются арктические почвы, растительный и животный мир, в том числе подводный, редкие виды и особо охраняемые природные территории.

Экология. Показаны промышленное и радиационное загрязнение природной среды, природные и техногенные риски, экологический мониторинг и проекты экологической реабилитации Арктики.

История. Обширный раздел рассматривает вопросы заселения, этногенеза и событий в Арктике во время различных исторических периодов.

Демография. В большом разделе содержится информация об основных демографических характеристиках, миграциях населения, коренных народах, в том числе о каждом в отдельности, их материальной и духовной культуре и природопользовании, антропологических характеристиках, конфессиональном составе.

Экономика. Рассмотрены общие экономические характеристики, а также основные экономические отрасли Севера: добывающая промышленность с отдельными отраслями, химическая промышленность, оленеводство и экономика в отдельных субъектах АЗРФ.

Инфраструктура. Показаны отрасли арктического транспорта, важные для региона: прежде всего морской и авиационный транспорт, а также железнодорожный и автомобильный, системы связи и обслуживания населения, системы МЧС, инфраструктура нефтегазового комплекса.

Социальная сфера. Рассмотрены вопросы жилищного фонда, медицинского обслуживания и туризма, в том числе по отдельным субъектам Арктической зоны РФ.

Деятельность ПАО НК «Роснефть» в Российской Арктике. Особый раздел посвящен деятельности в регионе организации, под эгидой которой создан Атлас.

Таким образом, издаваемый атлас является вторым в отечественной истории настоящим комплексным атласом Арктики (после Национального атласа Арктики, изданного в 2017 г. [Добролюбов и др., 2017]), в котором, помимо природных условий и истории освоения, широко представлены историко-культурные, социально-экономические и экологические особенности Российской Арктики, а также она показана на фоне мировых арктических регионов. В Атласе Арктики, издаваемом «Роснефтью», большое внимание уделено геологии и полезным ископемым, прежде всего энергетическим природным ресурсам и из них – нефти и газу.

Разнообразное содержание атласа, разработанное специалистами в конкретных областях, потребовало создания и включения яркого иллюстративного и связующего материала, который позволил бы не только визуализировать с другой точки зрения серии карт и текстов, но и провести некие «логические мостики» между разными темами Атласа, а также дать общие сведения, популярную информацию о тех или иных явлениях для связи с читателями – не специалистами в конкретных областях знаний. Такой материал в виде иллюстраций и связующих текстов является необходимой составляющей для разработки дизайна современного атласа.

Внешний вид атласа, в известной мере представляющего собой художественное произведение, имеет очень большое значение, тем более что в веках они остаются своеобразными памятниками культуры. Здесь первостепенную важность имеет искусство подготовки макета, состоящее в том, чтобы, не нарушая установленной последовательности размещения карт в атласе, максимально использовать возможности формата [Сваткова, 2002].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При разработке художественно-графического обеспечения Атласа Арктики использовались различные источники и виды информации. Прежде всего, атлас проиллюстрирован значительным количеством космических снимков (например, оледенение и острова Северного Ледовитого океана, дельты северных рек), что уже давно стало типичным для современных комплексных атласов. Мировой и исторический разделы содержат и большое количество старинных карт, на которых полярные территории выглядят подчас удивительным для человека нашего времени образом.

Далее, использовано большое количество авторских фотографий, среди которых есть и фотографии автора статьи (список фотографов атласа достигает 57 человек; фотографии были также представлены четырьмя организациями). Фотографиями проиллюстрированы природные объекты и явления, социальная и экономическая сфера, экология и другие темы Атласа. Фотографии использованы как самостоятельно на страницах с текстом (рис. 2), так и в сочетании с другими некартографическими изображениями (рис. 5, 8, 9).

Живописные пейзажные картины художников размещались в Атласе в меньшем объеме, но для иллюстрации некоторых они были очень представительны (например, оледенение, рис. 10). Чаще размещались изображения животных (рис. 1) в черно-белой и цветной графике; для исторических тем брались и старинные гравюры. Использовались работы 27 художников, в их числе известные русские художники А.А. Борисов, К.А. Коровин, А.Н. Бенуа, путешественник Ф.Ф. Конюхов, ненецкий самородок Тыко Вылка.

Активно использованы рисунки – графики и диаграммы, составленные специально для Атласа по отдельным темам, в основном для иллюстрирования тем месторождений полезных ископаемых и их разработки (рис. 3, 4, 5, 6). Они были составлены по современным данным [newsruss.ru/doc/index.php; ru.wikipedia.org/wiki; www.myshared.ru/slide/53595; www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields; www.bp.com/content/dam/bp-country/de_ch/PDF/ и др.], использовались и литературные источники [Россия в цифрах, 2017; Поконова, 2003 и др.]. Здесь было важно показать самые общие характеристики, которые могут заинтересовать читателя; например, была создана градиентная шкала цветов природной нефти, встречающихся на различных месторождениях, в том числе в Арктике (рис. 3). Диаграмма запасов нефти по странам создана также градиентным способом в цветах флагов различных стран. Тематика современных интеллектуальных технологий добычи нефти и газа также нашла отражение в созданных для Атласа рисунках [материалы pandia.ru; elib.sfu-kras.ru/; scibook.net/ и др.].

Рисунки флагов и гербов субъектов федерации, входящих в Арктическую зону РФ, размещены в темах Общего раздела в сочетании с текстами, картами субъектов и для оживления темы рисунками и описаниями птиц, встречающихся в этих субъектах (рис. 1).

Рис. 1. Флаги и гербы субъектов федерации – иллюстрации к темам общего раздела «Российская Арктика». Темы дополнены рисунками птиц Арктики

Fig. 1. Flags and coats of arms of the subjects of the federation are illustrations to the topics of the general section "The Russian Arctic". Topics are supplemented by drawings of Arctic birds

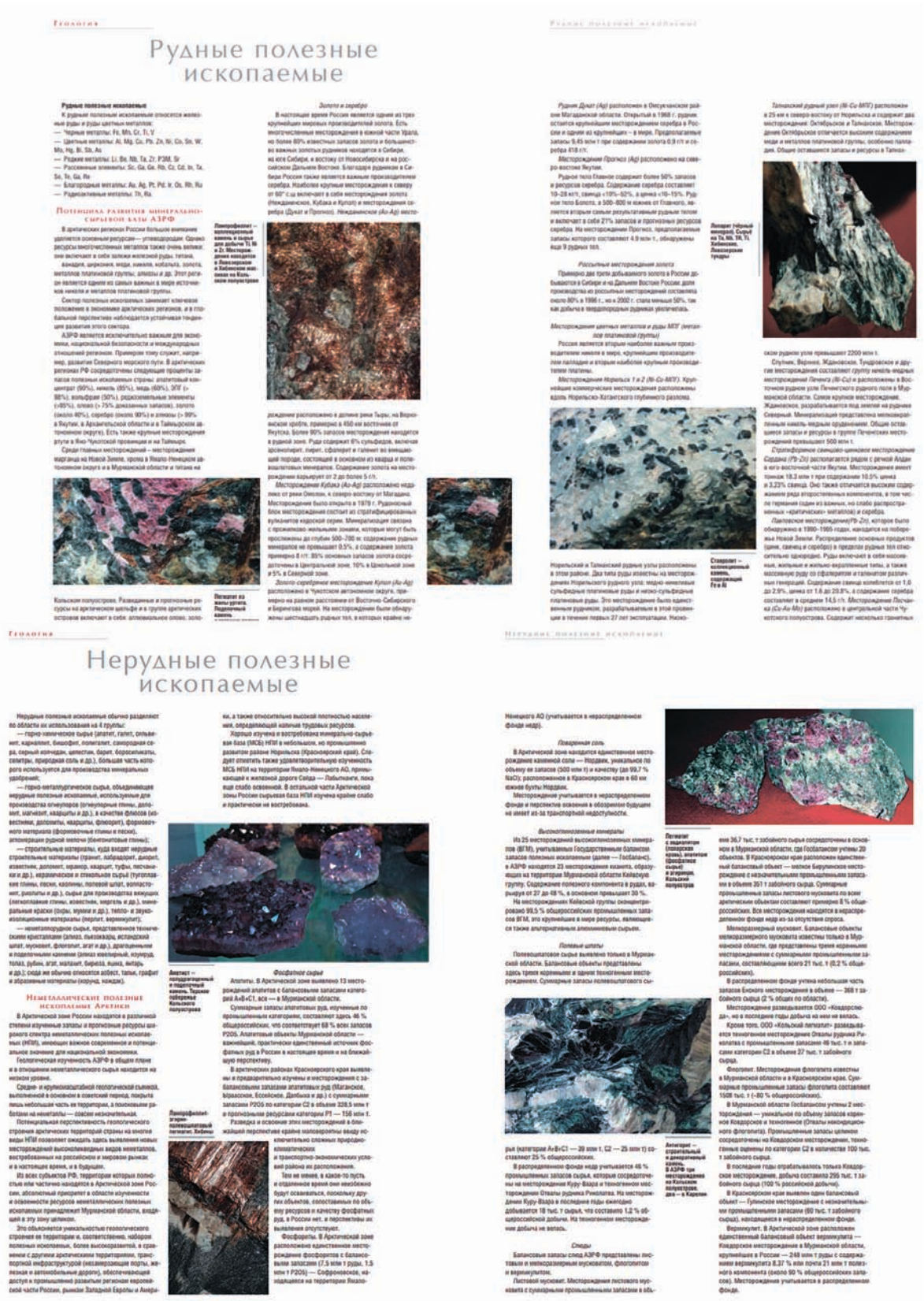


Рис. 2. Фотографии минералов как иллюстрация к темам о рудных и нерудных полезных ископаемых. Фрагменты разворотов Атласа

Fig. 2. Photos of minerals as an illustration to the topics of ore and nonmetallic minerals. Fragments of the turns of the Atlas

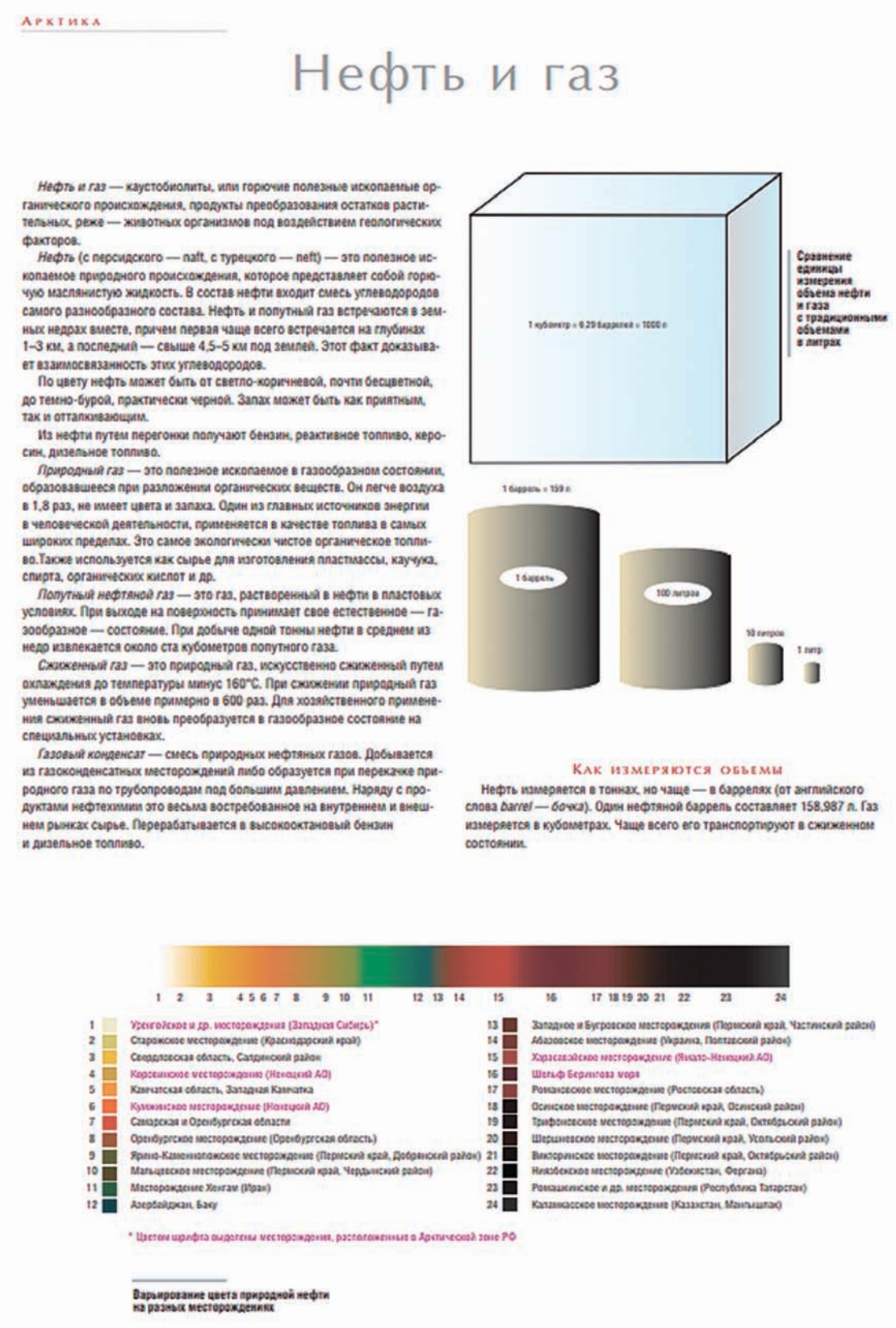
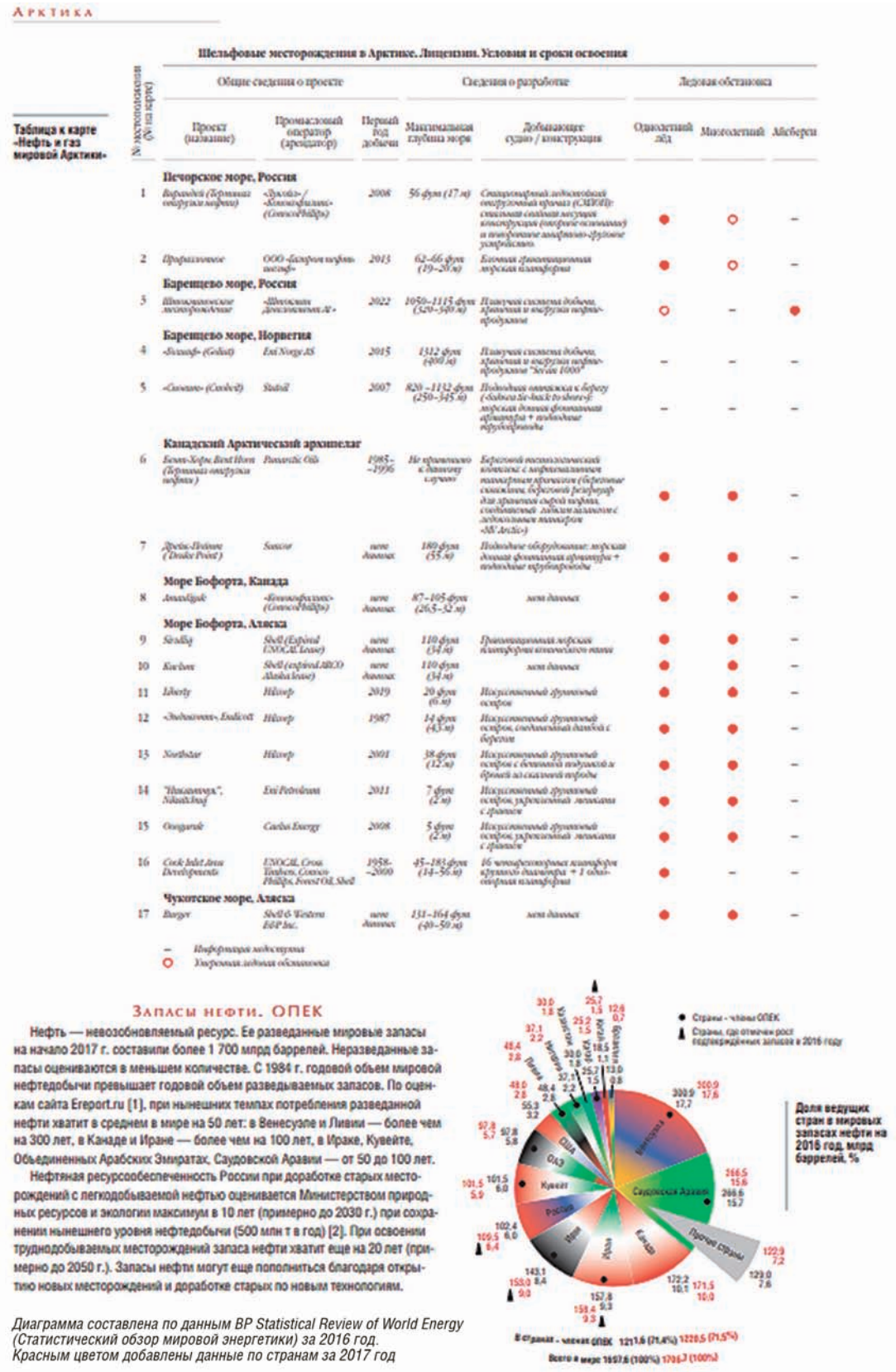


Рис. 3. Нефть и газ, их свойства и применение. Измерение объемов нефти. Цвета природной нефти. Страница Атласа с рисунками и градиентной шкалой цветов
Fig. 3. Oil and gas, their properties and applications. Measurement of oil volumes. Colors of the natural oil. Page of the Atlas with drawings and gradient scale of colors



Арктика

Шельфовые месторождения в Арктике. Лицензии. Условия и сроки освоения

Таблица к карте «Нефть и газ мировой Арктики»

№ экспозиции (№ на карте)	Проект (название)	Промысловый оператор (арендатор)	Первый год добычи	Максимальная глубина моря	Добывающее судно / конструкция	Ледовая обстановка: Однолетний лёд	Многолетний	Айсберги
	Печорское море, Россия							
1	*Варандей (Терминал отгрузки нефти)*	«Лукойл» / «Конокофиллипс» (ConocoPhillips)	2008	56 футов (17 м)	Стационарный ледостойкий отгрузочный причал (SMOG): стальная свайная несущая конструкция (опорное основание) и поворотное швартовно-грузовое устройство	●	○	–
2	*Приразломное*	ООО «Газпром нефть шельф»	2013	62–66 футов (19–20 м)	Ледостойкая стационарная морская платформа	●	○	–
	Баренцево море, Россия							
3	*Шпицбергенские месторождения*	«Шпицберген Дивелопмент АС»	2022	1050–1115 футов (320–340 м)	Подводная система добычи, хранения и отгрузки нефти-проходная	○	–	●
	Баренцево море, Норвегия							
4	*«Йетагэ» (Goliat)*	Eni Norge AS	2015	1312 футов (400 м)	Плавучая система добычи, хранения и отгрузки нефти-проходная "Ягоа 1000"	–	–	–
5	*«Скавель» (Castberg)*	Statoil	2007	820–1132 футов (250–345 м)	Подводная линейка к берегу («subsea tie-back to shore»): морская донная фонтанная арматура + подводные трубопроводы	–	–	–
	Канадский Арктический архипелаг							
6	*Белл-Хорн, Бент Хорн (Терминал отгрузки нефти)*	Panarctic Oils	1985–1996	Не применимо к данному случаю	Береговой технологический комплекс с вертикальными танкерами-хранилищами (береговые емкости, береговой резервуар для хранения сырой нефти, емкостью 360 тыс. баррелей с ледовыми танкерами «SS Arctic»)	●	●	–
7	*Дрейк-Пойнт (Drake Point)*	Suncor	нет данных	180 футов (55 м)	Подводное оборудование: морская донная фонтанная арматура + подводные трубопроводы	●	●	–
	Море Бофорта, Канада							
8	*Амаллук*	«Конокофиллипс» (ConocoPhillips)	нет данных	87–105 футов (26,5–32 м)	нет данных	●	●	–
	Море Бофорта, Аляска							
9	*Стелли*	Shell (Expired UNOCAL Lease)	нет данных	110 футов (34 м)	Транспортировочная морская платформа ледового типа	●	●	–
10	*Кигалик*	Shell (expired BRDO Alaska lease)	нет данных	110 футов (34 м)	нет данных	●	●	–
11	*Liberty*	Hilcorp	2019	20 футов (6 м)	Искусственный грунтовый остров	●	●	–
12	*«Эндикотт» Endicott*	Hilcorp	1987	14 футов (4,3 м)	Искусственный грунтовый остров, соединенный дамбой с берегом	●	●	–
13	*Northstar*	Hilcorp	2001	38 футов (12 м)	Искусственный грунтовый остров с бетонной подушкой и броней из скальной породы	●	●	–
14	*"Никаитчук", Nikaitchuq*	Eni Petroleum	2011	7 футов (2 м)	Искусственный грунтовый остров, укрепленный мешками с грунтом	●	●	–
15	*Oooguruk*	Caelus Energy	2008	5 футов (2 м)	Искусственный грунтовый остров, укрепленный мешками с грунтом	●	●	–
16	*Cook Inlet Area Developments*	UNOCAL, Cross Timbers, Conoco Phillips, Forest Oil, Shell	1958–2000	45–183 футов (14–56 м)	16 четырехопорных платформ кругового диаметра + 1 однопортовая платформа	●	–	–
	Чукотское море, Аляска							
17	*Burger*	Shell & Western E&P Inc.	нет данных	131–164 футов (40–50 м)	нет данных	●	●	–

– Информация недоступна
○ Умеренная ледовая обстановка

Запасы нефти. ОПЕК

Нефть — невозобновляемый ресурс. Ее разведанные мировые запасы на начало 2017 г. составили более 1 700 млрд баррелей. Неразведанные запасы оцениваются в меньшем количестве. С 1984 г. годовой объем мировой нефтедобычи превышает годовой объем разведываемых запасов. По оценкам сайта Ereport.ru [1], при нынешних темпах потребления разведанной нефти хватит в среднем в мире на 50 лет: в Венесуэле и Ливии — более чем на 300 лет, в Канаде и Иране — более чем на 100 лет, в Ираке, Кувейте, Объединенных Арабских Эмиратах, Саудовской Аравии — от 50 до 100 лет.

Нефтяная ресурсообеспеченность России при доработке старых месторождений с легкодобываемой нефтью оценивается Министерством природных ресурсов и экологии максимум в 10 лет (примерно до 2030 г.) при сохранении нынешнего уровня нефтедобычи (500 млн т в год) [2]. При освоении труднодобываемых месторождений запаса нефти хватит еще на 20 лет (примерно до 2050 г.). Запасы нефти могут еще пополниться благодаря открытию новых месторождений и доработке старых по новым технологиям.

Диаграмма составлена по данным BP Statistical Review of World Energy (Статистический обзор мировой энергетики) за 2016 год. Красным цветом добавлены данные по странам за 2017 год

Рис. 4. Таблица «Шельфовые месторождения» и диаграмма запасов нефти по странам за 2016–2017 гг. Страница Атласа в теме «Нефть и газ» (раздел «Арктика»)
Fig. 4. Table "Shelf fields" and a diagram of oil reserves by countries for 2016–2017. The Atlas page in the topic "Oil and Gas" (section "Arctic")

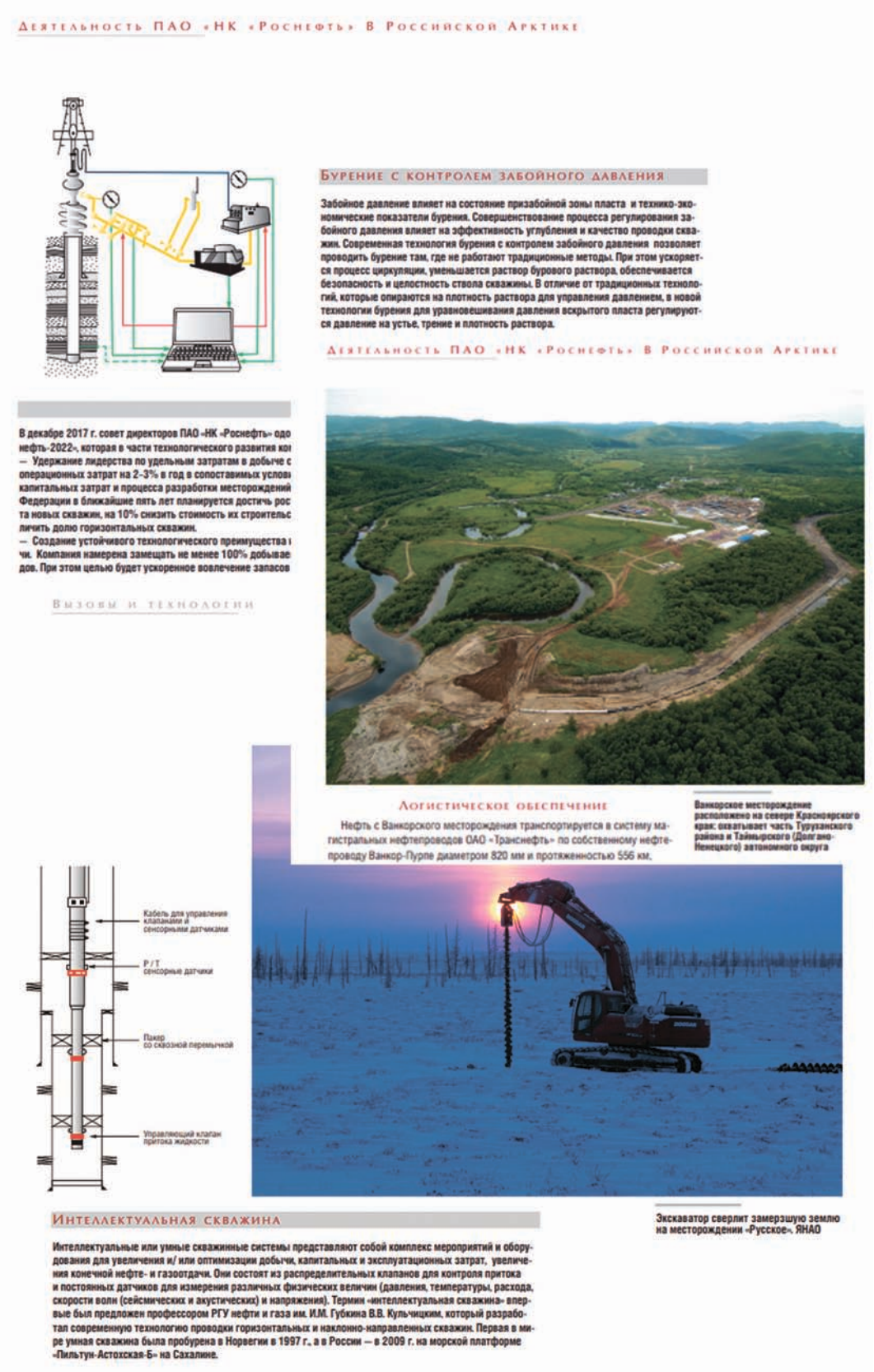
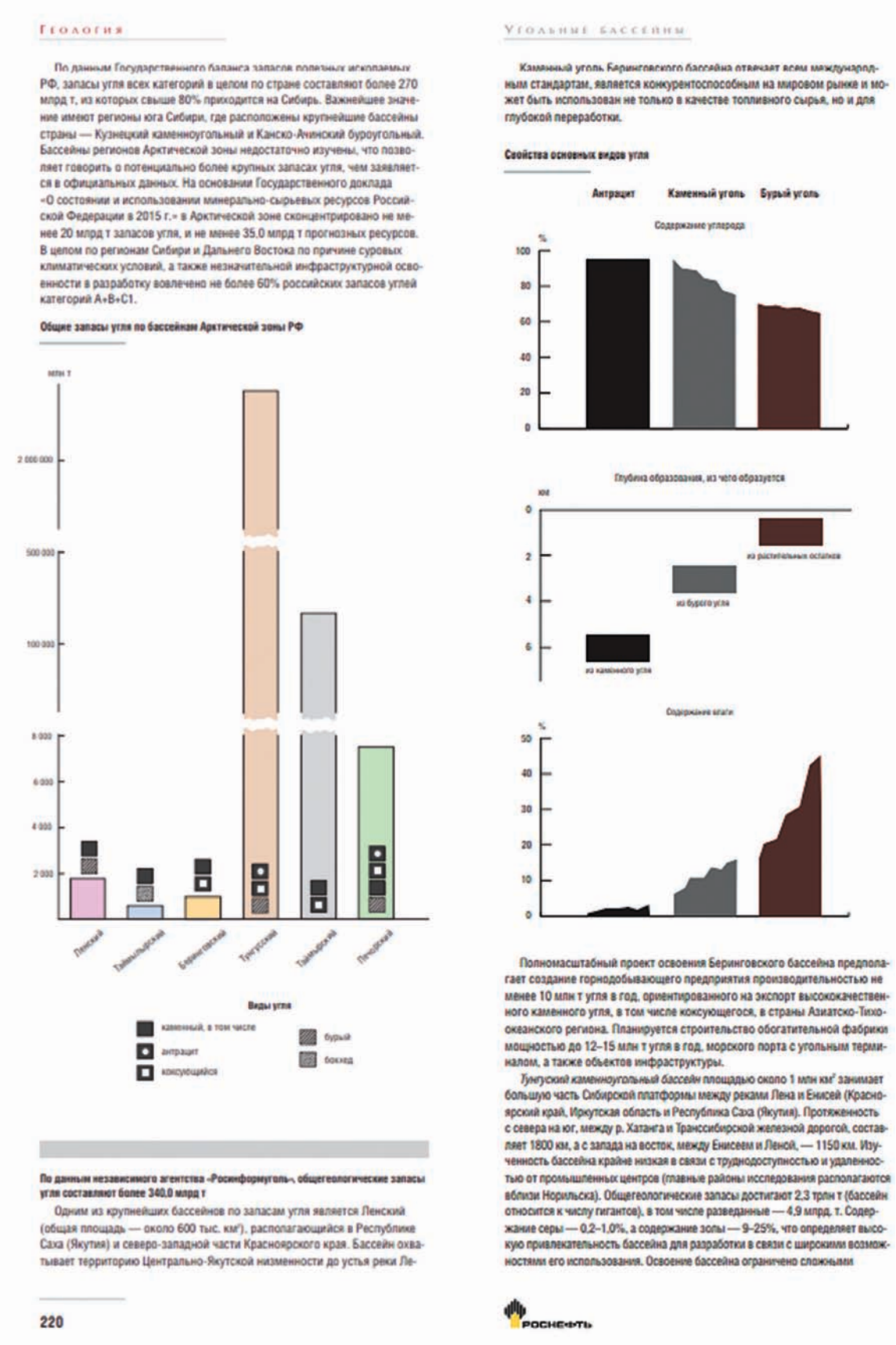


Рис. 5. Фрагменты страниц с рисунками, текстами и фотографиями интеллектуальных технологий добычи нефти и нового месторождения (раздел о деятельности «Роснефти»)
Fig. 5. Fragments of pages with drawings, texts and photos of intelligent technologies for oil production and new field (section on the activities of "Rosneft")



Геология

По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ, запасы угля всех категорий в целом по стране составляют более 270 млрд т, из которых свыше 80% приходится на Сибирь. Важнейшее значение имеют регионы юга Сибири, где расположены крупнейшие бассейны страны — Кузнецкий каменноугольный и Канско-Ачинский буроугольный. Бассейны регионов Арктической зоны недостаточно изучены, что позволяет говорить о потенциально более крупных запасах угля, чем заявляется в официальных данных. На основании Государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 г.» в Арктической зоне сконцентрировано не менее 20 млрд т запасов угля, и не менее 35,0 млрд т прогнозных ресурсов. В целом по регионам Сибири и Дальнего Востока по причине суровых климатических условий, а также незначительной инфраструктурной освоенности в разработку вовлечено не более 60% российских запасов углей категорий A+B+C1.

Общие запасы угля по бассейнам Арктической зоны РФ

По данным независимого агентства «Росинформуголь», общегеологические запасы угля составляют более 340,0 млрд т

Одним из крупнейших бассейнов по запасам угля является Ленский (общая площадь — около 600 тыс. км²), располагающийся в Республике Саха (Якутия) и северо-западной части Красноярского края. Бассейн охватывает территорию Центрально-Якутской низменности до устья реки Ле-

Угольные бассейны

Каменный уголь Беринговского бассейна отвечает всем международным стандартам, является конкурентоспособным на мировом рынке и может быть использован не только в качестве топливного сырья, но и для глубокой переработки.

Свойства основных видов угля

Полномасштабный проект освоения Беринговского бассейна предполагает создание горнодобывающего предприятия производительностью не менее 10 млн т угля в год, ориентированного на экспорт высококачественного каменного угля, в том числе коксующегося, в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Планируется строительство обогатительной фабрики мощностью до 12–15 млн т угля в год, морского порта с угольным терминалом, а также объектов инфраструктуры.

Тунгусский каменноугольный бассейн площадью около 1 млн км² занимает большую часть Сибирской платформы между реками Лена и Енисей (Красноярский край, Иркутская область и Республика Саха (Якутия). Протяженность с севера на юг, между р. Хатанга и Транссибирской железной дорогой, составляет 1800 км, а с запада на восток, между Енисеем и Леной, — 1150 км. Изученность бассейна крайне низкая в связи с труднодоступностью и удаленностью от промышленных центров (главные районы исследования располагаются вблизи Норильска). Общегеологические запасы достигают 2,3 трлн т (бассейн относится к числу гигантов), в том числе разведанные — 4,9 млрд, т. Содержание серы — 0,2–1,0%, а содержание золы — 9–25%, что определяет высокую привлекательность бассейна для разработки в связи с ширскими возможностями его использования. Освоение бассейна ограничено сложными

РОСНЕФТЬ

Рис. 6. Рисунки и текст к теме «Угольные бассейны»
Fig. 6. Figures and text for the topic "Coal Basins"

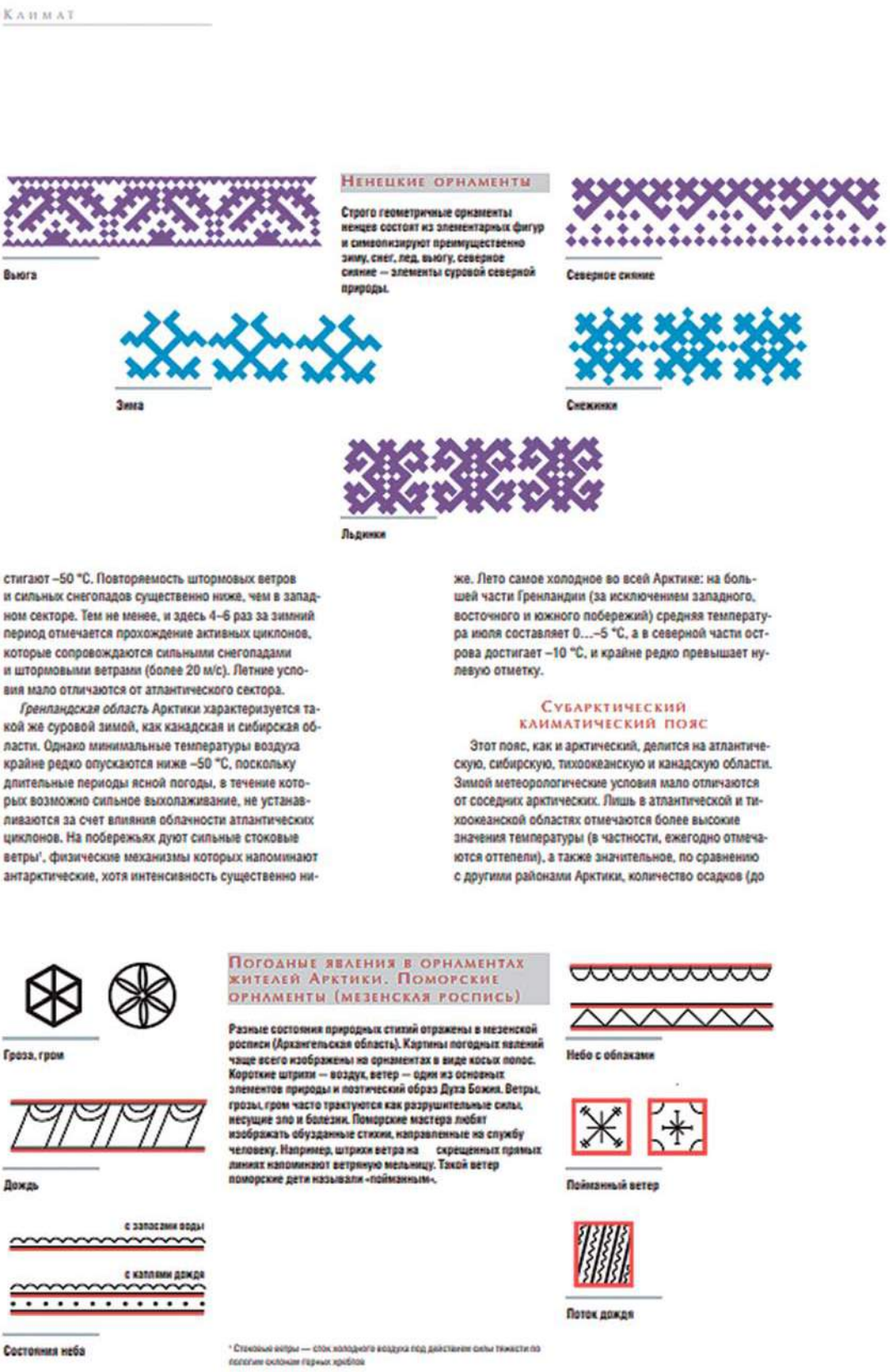


Рис. 7. Поморские и ненецкие орнаменты как иллюстрация к теме «Климат». Погодные явления

Fig. 7. Pomor and Nenets ornaments as an illustration to the topic "Climate". Weather conditions

Рис. 8. Иллюстрации к теме «Климат». Фотография и рисунки солнца в орнаментах разных народов Севера России. Страница Атласа
Fig. 8. Illustrations to the topic "Climate". Photo and drawings of the sun in the ornaments of different peoples of the North of Russia. Page of the Atlas

Арктика

Этнография

В пределах Арктики проживает довольно много малочисленных коренных народностей, которые смогли с давних времен приспособить свой повседневный быт и хозяйственный уклад к существованию в крайне суровых условиях окружающей среды. При этом большая часть островной Арктики не имеет постоянного населения, за исключением российских островов Колгуев и Вайгач, некоторых южных островов Канадского Арктического архипелага, Гренландии, где человеком освоены лишь отдельные прибрежные районы. Постоянное население имеется в основном лишь на материковой суше по периферии арктической зоны.

Кроме малочисленных народов Севера к коренному населению Арктики следует отнести и некоторые этнографические группы (субэтносы) **русского народа**, представляющего славянскую ветвь индоевропейской языковой семьи. Древнейшим и наиболее значительным таким субэтносом

Типы русских лопарей (саамов). Гравюра XIX в.

Самоеды на арх. Новая Земля. Начало XX в.

Саамская девушка с рукоделиями в наши дни

являются **поморы**, живущие на берегах Белого моря начиная с XI в., когда эти места начали осваивать новгородцы. В современных условиях многие этнографические группы теряют свою самобытность, но, тем не менее, во время переписи 2010 г. посчитали себя поморами 3,1 тыс. чел. Малочисленные субэтнические группы русских сохранились также на севере Якутии и на Чукотке. Это потомки казаков-землепроходцев, ещё в XVII в. поселившихся в низовьях Индигирки (русскоустьинцы) и Колымы (походчане), а также в среднем течении Анадыря (марковцы).

Ижемцы (этническая группа народа **коми**, относящегося к финно-угорской ветви уральско-юкагирской языковой семьи) заселили низовья Печоры и Большеземельскую тундру к середине XIX в. (их численность там сейчас оценивается в 4,5 тыс. чел.), а во второй половине XIX в. — начале XX в. их поселения возникли на Кольском полуострове (сейчас около 2 тыс. чел.) и в низовьях Оби и Надыма (сейчас около 6 тыс. чел.).

Коренной народ севера Скандинавии и Кольского полуострова — **саа-**

хозяйственно-культурных типов — на тундровых и лесных (последних насчитывается всего 1,5 тыс. чел.).

Рис. 9. Историческая и современная фотография и гравюра в теме «Этнография»
Fig. 9. Historical and modern photo and engraving in the topic "Ethnography"

Ледяная гора. Берег Новой Земли. 1901 г. Борисов А.А.

В позднем плейстоцене в Северной и Центральной Якутии, на Аляске сформировались толщи ледового комплекса, насыщенные мощными повторно-жильными льдами. Мощность этих толщ достигает 50–100 м,

дация пород. На части шельфов (Баренцевоморский) их уже практически нет. Там распространены охлажденные ниже 0°С породы. На шельфах морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Бофорта мерзлые толщи существуют. Наиболее сложно (двухслойно) построены и глубоко залегают (до 500–900 м) они на шельфе моря Бофорта. На многих участках эти толщи представлены твердомерзлыми породами. В основном же деградирующие субмаринные мерзлые толщи находятся в пластично-мерзлом состоянии. Они содержат как лед, так и незамерзшую воду.

Существование мерзлых пород на шельфе и охлажденных в глубоководной части Северного Ледовитого океана поддерживается преобладанием там отрицательной придонной температуры воды. Положительная температура свойственна континентальному склону. Здесь распространены атлантические воды.

Субгляциальные мерзлые породы развиты под большей частью Гренландского щита и ледниками Канадского арктического архипелага. Температурные кривые по скважинам Гренландии показывают, что температурное поле нижних частей ледника соответст-

Рис. 10. Картина художника в теме «Оледенение и мерзлота»
Fig. 10. Picture of the painter in the topic "Glaciation and permafrost"

Особую тему составили иллюстрации, созданные в единообразной манере по рисункам и орнаментам коренных народов Севера. Природа и ее явления нашли самое широкое отражение в их творчестве [Косменко, 2002; Бакула, Васильева, 2014; Руденко, 2008, 2017; ugyd-art.ru/; rubooks.org/; infourok.ru/; etnic.ru/; club.season.ru/; kopilkaurokov.ru/; www.liveinternet.ru/; knittochka.ru/ и др.]. Например, в творчестве всех народов изображалось солнце, что особенно актуально для Севера (рис. 8). Погодные и климатические явления подробно иллюстрируют орнаменты поморов и ненцев (рис. 7).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом проделанной работы явились сверстанные развороты Атласа, часть которых или их фрагменты представлены на рис. 1–10. При создании иллюстраций были разработаны некоторые общие подходы.

Например, представляет интерес изображение общегеографических карт субъектов федерации с их символикой и рисунками животных (или растений, ландшафтов, объектов наследия или еще каких-то ярких информативных объектов) (рис. 1).

Украшением Атласа явились фотографии, особенно фотографии минералов, отснятые на Хибинской учебно-научной станции МГУ им. М.В. Ломоносова, в Горно-геологическом музее ОАО «Апатит» в Кировске, в Музее геологии и минералогии РАН в Апатитах, а также в природе в Хибинских горах. Не всегда четко можно было разделить минералы на рудные и нерудные, что требовали сюжеты Атласа. Фотографии минералов удачно смонтированы с текстом в красивые развороты (рис. 2).

Добыча нефти, газа и угля при кажущейся на первый взгляд «скучности» темы также может быть представлена информативно и красочно (рис. 3–6). Важно внести в эти направления творческий и популяризирующий акцент.

Этнографическая тема и творчество коренных народов – настоящая находка для художественного сопровождения Атласа. В традиционных орнаментах и рисунках находят отражение различные природные объекты и явления, сам человек и его хозяйственная деятельность (рис. 7–8). Их использование перспективно для создания национального, межнационального и исторического колорита любого комплексного атласа.

Современная и историческая фотография и репродукции картин художников сделали Атлас более красочным и информативным (рис. 9–10).

ВЫВОДЫ

Полученные результаты показали, что использование разнообразных видов некартографических изображений для комплексного атласа весьма эффективно. Атлас Арктики получил новые дополнения к основным темам, иллюстрации, которые были размещены по всему Атласу и явились связующими разделы элементами, придающими картографическому произведению новую окраску, живость и разнообразие. Для передачи читателю разнообразных знаний очень важны также тексты, написанные специально для созданных рисунков.

Способы размещения рисунков, фотографий и диаграмм требуют дальнейшего совершенствования для достижения наибольшей гармонии между разными изображениями. Например, следует отметить, что фотографии, размещенные в Атласе отдельно от карт, смотрятся намного лучше и не ухудшают читаемость карт. Легкий графический рисунок не имеет себе равных как познавательное сопровождение к карте. Дальнейшие работы в выбранном направлении имеют хорошие перспективы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность главному редактору ООО «Феория» А.П. Притворову, выпускающему редактору Ю.Ж. Чойнжуровой, дизайнеру А.П. Окатову за идею,

поддержку и воплощение настоящей работы, а также А.Р. Дегтярёву, Т.В. Ващаловой и И.А. Исаеву за помощь в подборе фотографий и живописных картин.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to the editor-in-chief of LLC "Feoria" Andrey Pritvorov, to the commissioning editor Yulia Choynzhurova, to the designer Artem Okatov for the idea, support and implementation of this work, as well as to Alexander Degtyarev, Tatiana Vashchalova and Ilia Isaev for help in the selection of photographs and paintings.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакула В.Б., Васильева А.В.* Картина мира саамов Кольского полуострова в лексике орнамента // Общество: философия, история, культура. 2014. № 3. С. 38–41.
2. *Добролюбов С.А., Касимов Н.С., Тикунов В.С., Тульская Н.И.* Научно-методическое сопровождение создания Национального атласа Арктики // ИнтерКарто/ИнтерГИС 23. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. Т. 1. М.: МГУ, 2017. С. 22–27. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-22-27.
3. *Косменко А.П.* Традиционный орнамент финноязычных народов Северо-Западной России. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. 220 с.
4. *Поконова Ю.В.* Нефть и нефтепродукты. СПб.: АНО НПО «Мир и семья», 2003. 904 с.
5. Россия в цифрах. Официальное издание. 2017. Краткий статистический сборник. Росстат. М., 2017. 511 с.
6. *Руденко А.И.* Об интерпретации некоторых геометрических узоров в орнаментике коренных народов Камчатки и Чукотки (коряки, ительмены, чукчи и эскимосы) // Culture and Civilization. 2017. V. 7, Is. 2A. С. 467–484.
7. *Руденко А.И.* О значении некоторых геометрических узоров в орнаменте народов Крайнего Северо-Востока // Живая Арктика. 2008. № 21. С. 134–138.
8. *Сваткова Т.Г.* Атласная картография: Учебное пособие. М.: Аспект Пресс, 2002. 203 с.

REFERENCES

1. *Bakula V.B., Vasilyeva A.V.* The picture of the world of Saami of the Kola Peninsula in the vocabulary of the ornament. Society: Philosophy, History, Culture. 2014. No 3. P. 38–41 (in Russian).
2. *Dobrolyubov S.A., Kasimov N.S., Tikunov V.S., Tulskaya N.I.* Scientific and methodical support of the Arctic National Atlas. InterCarto/InterGIS 23. GI support of sustainable development of territories in conditions of global climate change: Proceedings of the International Conference. V. 1. Moscow: Moscow University Press, 2017. P. 22–27. DOI: 10.24057 / 2414-9179-2017-1-23-22-27 (in Russian, abst. English).
3. *Kosmenko A.P.* Traditional ornament of Finno-lingual peoples of North-West Russia. Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2002. 220 p. (in Russian).
4. *Pokonova Yu.V.* Oil and oil products. SPb: ANO NPO "Peace and Family", 2003. 904 p. (in Russian).
5. *Rudenko A.I.* On interpretation of some geometric patterns in the ornamentation of the indigenous peoples of Kamchatka and Chukotka (Koryaks, Itelmen, Chukchi and Eskimos). Culture and Civilization. 2017. V. 7, Is. 2A. P. 467–484 (in Russian, abst. English).
6. *Rudenko A.I.* On the significance of some geometric patterns in the ornament of peoples of the Far North-East. Living Arctic. 2008. No 21. P. 134–138 (in Russian).
7. Russia in numbers. Official publication. 2017. A brief statistical digest. Rosstat. M., 2017. 511 p. (in Russian).
8. *Svatkova T.G.* Atlas cartography: a tutorial. M.: Aspect Press, 2002. 203 p. (in Russian).

УДК 912.4

Тикунова И.Н.[1], Судакова А.Е.[2]

ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В СТРАНАХ ШЕЛКОВОГО ПУТИ

АННОТАЦИЯ

В последние годы растет интерес к возможности возрождения и использования идеи древнего маршрута Шелкового пути. Программа ЮНВТО «Шелковый путь» объединила 33 страны. С одной стороны, это пестрое пространство, богатое туристическими дестинациями и туристическими продуктами, с уникальной историей, разнообразием природных условий и культурных традиций. С другой стороны, это территории, кардинально отличающиеся по уровню социально-экономического развития. Страны-участницы проекта Шелковый путь имеют различный потенциал для развития туризма. Авторами проведен расчет туристского потенциала двумя способами: первый – балльная оценка на основе 11 показателей с последующим вычислением средневзвешенного балла; второй – с помощью алгоритма автоматической классификации. Произведено сравнение полученных результатов. Несмотря на некоторые расхождения, большинство стран остались в пределах своих групп, что подтверждает их обоснованность. Описаны общие черты состояния туристического потенциала в каждой группе. В качестве результата работы отметим, что среди стран намечается несколько полюсов роста, где ключевой страной является Китай, а также потенциальны к значительному росту Япония и Индонезия и страны Южной Европы. Соединяющим мостом между ними могут послужить Россия, Казахстан, некоторые страны Закавказья, Средней Азии и Ближнего Востока. Однако именно на Ближнем Востоке и в Средней Азии находятся участки «провалов» в виде стран с низким потенциалом и, более того, с открытыми вооруженными конфликтами на территории. Несмотря на обладание высоким потенциалом, важно рационально использовать ресурсы, эффективно продвигать концепцию туризма по Шелковому пути.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Шелковый путь, туризм, туристический потенциал.

Irina N. Tikunova[3], Anastasiya E. Sudakova[4]

POTENTIAL AND PROSPECTS OF TOURISM DEVELOPMENT IN THE SILK ROAD COUNTRIES

ABSTRACT

In recent years a growing interest in the possibility of rebirth and use the ideas of the ancient route of the Silk road. The UNWTO "Silk road" brought together 33 countries. On the one hand, is

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, каф. географии мирового хозяйства, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: **irina.tikunova@icloud.com**

[2] Экономико-управленческий факультет Университета им. Масарика, Брно, Чехия, *e-mail:* **sudakova.a.e@yandex.ru**

[3] Lomonosov Moscow State University. Geographical Faculty, Department of Geography of World Economy, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: **irina.tikunova@icloud.com**

[4] Economics and Management faculty of the Masaryk University, Brno, Czech Republic, *e-mail:* **sudakova.a.e@yandex.ru**

a colorful space, rich in tourist destinations and tourism products, with a unique history, diversity of natural conditions and cultural traditions. On the other hand, this territory is radically different in terms of socio-economic development. Participating countries of the Silk road have different potential for tourism development. The authors calculate tourist potential in two ways: the first calculation is based on 11 indicators, with the subsequent calculation of the average score; the second using the algorithm of cluster classification. Despite some differences, most countries have remained within their groups, which confirms their validity. Describes the General features of the state's tourist potential in each group. As a result, we note that among the countries there will be several growth poles, where the key country is China, and the potential for significant growth of Japan and Indonesia and countries of southern Europe. The connecting bridge between them can serve as Russia, Kazakhstan, some countries of Transcaucasia, Central Asia and the Middle East. However, it is in the middle East and Central Asia are the sections "failures" in the form of countries with lower capacity and, moreover, open armed conflict in the territory. Despite having high potential, it is important to efficiently use the resources effectively to promote tourism along the Silk road.

KEYWORDS: Silk road, tourism, tourist potential.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы растет интерес к возможности возрождения и использования идеи древнего маршрута в современной переработке. Еще в 1987 г. появился первый предвестник будущих попыток возродить древний Шелковый путь – программа ЮНЕСКО Шелковый путь – путь диалога. Данный проект подразумевал подробное изучение культурно-исторического наследия Великого Шелкового пути, установление тесных контактов между цивилизациями Востока и Запада, улучшение отношений между странами Евразии, а также сохранение культурных и природных памятников на всем протяжении исчезнувшего пути.

Самым перспективным и обсуждаемым проектом настоящего времени считается проект, инициированный КНР в 2014 г. и названный «Один пояс – один путь». В рамках этой программы разрабатывается ряд морских и сухопутных путей между Европой и Китаем. Именно этот проект стал частью и основой концепции «Новый Шелковый путь» и «Морской Шелковый путь 21 века». Эта концепция включает в себя формирование не только транспортного коридора, но и широкого экономического пояса, призванного объединить большое количество участников, привести к взаимовыгодному обмену и общему процветанию государств.

Одним из самых эффективных механизмов развития солидарности и сотрудничества стран является развитие международного туризма. Сегодня Шелковый путь – это пестрое пространство, богатое туристскими дестинациями и туристскими продуктами, основанными на уникальной истории, разнообразии природных условий и культурных традиций народов этой территории. Кроме того, развитие транспортных коридоров, предполагаемое в проекте «Один пояс – один путь», только поспособствует ускоренному развитию туризма в странах Шелкового пути, а туристская индустрия, в свою очередь, упростит установление культурных контактов участников.

В связи с возродившимся интересом к Шелковому пути – ростом культурного обмена, торговли и туризма – в ЮНВТО решили поддержать идею восстановления древнего пути, соединявшего Восток и Запад. Работая вместе с ЮНЕСКО, программа ЮНВТО объединила 33 страны, предлагая туристический концепт, сфокусированный на культурном и природном наследии, а также на возможности использования разнообразных транспортных средств (морские и континентальные маршруты). В настоящий момент программа Шелковый путь выработала несколько блоков основных задач, которые включают в себя

создание маршрута с максимально «проницаемыми» границами, всеохватывающий статус туризма в регионе, взаимовыгодное сотрудничество участников, видение туризма как агента, укрепляющего мир и культурное взаимопонимание и сохраняющего культурное и природное наследие. Предполагается создание узнаваемого бренда Шелкового пути, формирование высококачественной инфраструктуры, организация поддержки туристского сектора со стороны государств, а также тесное сотрудничество между странами, подготовка современных систем управления культурным наследием, обеспечение заботы об окружающей среде и продвижение межкультурного диалога.

Тем не менее, несмотря на высокую привлекательность древних стран Востока для туристов и ореол интригующих древних легенд, связанных с этой местностью, большой проблемой для развития туризма является недостаточно развитая туристская инфраструктура и в целом слабое социально-экономическое развитие некоторых потенциальных стран-участниц запускаемых проектов.

Шелковый путь исторически объединяет две великие цивилизации прошлого – Запад и Восток, проходя по территории стран, кардинально отличающихся по уровню социально-экономического развития. Такое положение дел значительно затрудняет процесс принятия соглашений странами-участницами программы ЮНВТО Шелковый путь по вопросам сотрудничества в области туризма и выстраивания единой транспортной сети и единого стандарта в сфере обслуживания. Вместе с этим именно культурное разнообразие стран вдоль Шелкового пути делает этот туристский маршрут столь привлекательным для туристов.

Различия между странами-участницами в первую очередь основываются на уровне их социально-экономического развития, который является прямым результатом длительного исторического пути и разнообразия природных и социальных условий в странах Европы, Центральной и Восточной Азии. Шелковый путь объединяет как страны-гиганты (Россия, Китай), так и страны-карлики (Сан-Марино, Армения), как флагманов экономического развития (Япония, Италия, Израиль), так и отстающих (Таджикистан, Бангладеш), страны с развитым сектором туризма (Италия, Греция, Турция, Хорватия) и политически нестабильные, в некоторых отношениях опасные для туристов страны (КНДР, Сирия, Саудовская Аравия).

Кроме того, в таких больших странах, как Россия и Китай, в отношении Шелкового пути целесообразно говорить лишь о некоторых регионах, а не обо всей территории в целом. В России северная ветвь Шелкового пути в основном касалась южной части Западной и Восточной Сибири, Южного Урала, низовий Волги, Кавказа и побережья Черного моря и соответствующих регионов страны. Кроме того, хотя и пути древнего Шелкового пути не затрагивали столичные регионы, в случае туристского развития Москву и Санкт-Петербург также стоит причислить к перспективным в отношении развития туризма, связанного с этим торговым маршрутом. В Китае к Шелковому пути относятся такие провинции, как Шэньси, Ганьсу, Синьцзян-Уйгурский автономный район, Цинхай и Нинся, которые имеют на территории КНР свои особенности экономического развития.

Современные глобальные тенденции и характер развития мирового туризма порождает потенциальные возможности для развития туристской отрасли в любой стране. Экономическая отдача от развития этой отрасли во многом зависит от способности государств эффективно воспользоваться предоставленными возможностями и рекреационными ресурсами, которые находятся в их распоряжении.

К основным тенденциям, демонстрирующим высокий потенциал развития туризма в странах Шелкового пути, относятся опережающий темп роста выездного рынка Азиатско-Тихоокеанского региона в 2010–2030 гг., совершенствование транспортной сети на Шелковом пути, растущая доля среднего класса в странах Азии и рост спроса на культурный туризм.

Заметно изменились потребительские привычки туристов. Основным фактором в этих изменениях стало развитие информационных технологий, которые повлияли на весь процесс путешествия, начиная от электронного бронирования билетов и гостиниц, получения электронных виз до исследования туристами новой местности с помощью навигационных сервисов. Социальные сети, информационные порталы, представление страны в Интернете и наличие у нее собственного бренда в настоящий момент, как никогда раньше, влияют на принятие потребительских решений. При этом важность информационных технологий растет пропорционально тому, как молодеет средний турист. Уже около 20 % всех путешественников приходится на молодых людей, и их доля продолжает расти [План действий…, 2014].

Кроме этого, в современном мире туристы требуют все более необычных впечатлений, неизведанных маршрутов, гастрономических открытий. Именно здесь появляются хорошие перспективы для развития туризма по Шелковому пути, окутанному ореолом восточной мистики и древних легенд, который, при всем этом, остается еще не исследованной массовым туристом дестинацией с неизвестными большей части мира особенностями национальных традиций и кухни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эффективное управление теми рекреационными ресурсами, в первую очередь культурно-историческим наследием Шелкового пути, которыми обладают страны-участники проекта, позволит получить максимальную отдачу от туризма и использовать все положительные аспекты, вносимые данной отраслью в экономическую и социальную сферы экономики. Даже в тех странах, где не наблюдается прямой связи с наследием Шелкового пути, умелое управление маркетингом и брендами может дать достойные результаты. Здесь хорошим примером может послужить Хорватия, развивающая наследие Шелкового пути через кампанию «Родина Марко Поло», привлекая внимание к истории, архитектуре, искусству и природе страны.

Тем не менее на данный момент страны-участники проекта «Шелковый путь» имеют различный потенциал к развитию туризма по тематическому маршруту. В ходе работы потенциалу стран была дана балльная оценка на основе ряда показателей с использованием метода средневзвешенного балла. Эти показатели включили в себя, в первую очередь, количество объектов ЮНЕСКО, которые были признаны данной организацией напрямую относящимися к Шелковому пути, а также количество городов и руин городищ, стоявших на древнем пути [Оф. сайт проекта ТРАСЕКА; Платформа ЮНЕСКО «Шелковый путь»]. Данные объекты являются основой развития в этом регионе культурно-исторического туризма, связанного именно с функционированием древнего торгового пути. Вследствие их базового значения этим показателям были даны максимальные веса в общем расчете (5) [Сафарян, 2015].

Использовались также показатели развития инфраструктуры (емкость номерного фонда, плотность автомобильной и железнодорожной сети, пассажирооборот авиации), которые являются второй ступенью для развития туризма в регионе и поэтому также получили большие веса (4). Кроме этого, учитывалась комфортность пребывания и путешествия по стране, включающая в себя ощущение безопасности (использовался международный рейтинг безопасности, «вес» 3), а также уровень обслуживания, комфортности общения с местным населением, обычно коррелирующий с общим социально-экономическим развитием государства (использовался ИРЧП, «вес» также имеет коэффициент 3). Часто слабое развитие государства не является непреодолимым препятствием для туристов, к тому же туристические зоны могут качественно отличаться от остальной территории страны (примером может послужить особое положение туристических зон в Египте, которые к тому же имеют особый визовый режим).

Доступность государств, их визовая политика также является довольно значимым фактором для туризма, особенно транснационального, тем не менее для многих туристов визы привычны и воспринимаются как очередная туристская формальность. Вследствие этого баллы визовой политики имеют в расчете меньший вес [Сафарян, 2015], (5). Полный отказ от виз невозможен во избежание неконтролируемой миграции и других негативных социальных последствий. Тем не менее слишком высокие визовые преграды отрицательно сказываются на туристских потоках.

С ростом требовательности туристов к ответственному отношению стран и предприятий туристской сферы к экологической ситуации рейтинг по эффективности экологического менеджмента также имеет немаловажное значение, хотя и не первоочередное (у этого показателя «вес» – 2) [Рейтинг стран…]. Дополнительно учитывалось наличие или отсутствие туристского бренда (эмблемы, слогана и общей концепции), уровень присутствия в сети Интернет (наличие официального туристского сайта, наполненность портала информацией, количество языков отображения) и степень участия в проекте «Шелковый путь» (наличие статей, связанных с развитием этого вида туризма, отдельных туров, участие в специализированных конференциях). Данные показатели не имеют количественного выражения, и их оценка достаточно субъективна, поэтому их «вес» наименьший.

Для сравнения также были произведены расчеты интегральных оценок по специальному алгоритму [Тикунов, 1997]. Данный метод включает нормировку исходных показателей по формуле:

$$\hat{X}_{ij} = \frac{\left| x_{ij} - \overset{o}{x}_j \right|}{\left| \max/\min x_j - \overset{o}{x}_j \right|}, \qquad \begin{matrix} i = 1, 2, 3, \ldots, n; \\ j = 1, 2, 3, \ldots, m \end{matrix} \qquad (1)$$

где $\overset{o}{x}$ – наихудшее значение (по каждому показателю) из всех встречающихся; $_{\max/\min}x$ – наиболее отличающиеся от $\overset{o}{x}$ значения показателей; n – количество исследуемых стран; m – число показателей, использованных для расчетов. Целью данной нормировки является перевод показателя в отклонение от заданного наилучшего или наихудшего значения.

Путем сравнения показателей всех стран с условной модельной страной, характеризуемой значениями $\overset{o}{x}$, произведено их ранжирование. Оно осуществлялось с использованием евклидовых расстояний ($d°$) – как меры близости всех стран к условной, имеющей наихудшие значения ($\overset{o}{x}$) по всему комплексу показателей. Применение данной меры потребовало обработки информационного массива по методу главных компонент с целью ортогонализации и «свертки» системы показателей. Полученные значения вектора-столбца $d°$ интегральных оценочных характеристик для удобства дальнейшего анализа были дополнительно нормированы по формуле (2):

$$\hat{d}^{\,o}_{i} = \frac{d^o_i - \min d^o}{\max d^o - \min d^o}, \qquad i = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (2)$$

Величина $d°$ варьирует в пределах от нуля до единицы. Нуль соответствует наихудшей комплексной оценке, а единица – наилучшей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате все страны-участники были разделены на несколько групп в соответствии с рассчитанной балльной оценкой туристского потенциала. Ключевой страной, имеющей самую высокую оценку, ожидаемо оказался Китай, имеющий наибольшее количес-

тво достопримечательностей и городов, связанных с Шелковым путем. Кроме того, это государство очень активно наращивает объемы туристской и транспортной инфраструктуры. Именно Китай явился одним из инициаторов создания программы, большую важность имеет для развития туризма по этому пути и китайская инициатива «Один пояс – один путь». Очень активно Китай участвует в различных туристических конференциях, обмене опытом и определении стратегий Шелкового пути (рис.).

Туристский потенциал стран Шелкового пути, 2017
The tourist potential of the Silk road countries, 2017

Во вторую группу входят, в первую очередь, высокоразвитые страны – Италия и Япония, которые при этом имеют и хорошо развитую туристскую сферу, а также непосредственно (хоть и меньше, чем некоторые другие страны) связаны с наследием Шелкового пути. Далее следуют Казахстан, Россия и Иран – крупные, достаточно стабильные государства, занимающие промежуточное положение между полюсами роста – Европой, с одной стороны, и Китаем и Японией, с другой. Казахстан и Россия также обладают богатым культурно-историческим наследием, а также эти страны уже к настоящему моменту достаточно известны мировому туристу. Основная проблема данных государств заключается в отставании уровня развития инфраструктуры. Тем не менее именно в этих странах уже существуют крупные транспортные коридоры, связывающие Восток с Западом, в отличие от других стран Средней Азии.

Иран также имеет достаточно богатое культурно-историческое наследие, связанное с Шелковым путем, и среди стран Ближнего Востока является довольно стабильным и открытым (68 стран могут получать недельную визу прямо в аэропортах, действуют электронные визы) государством со сравнительно хорошо развитой туристской отраслью. Государство проводит активную политику по восстановлению былой привлекательности для туристов (до ирано-иракской войны). Кроме того, Иран также считается транзитной страной, только в этом случае по направлению Север – Юг.

Следующая группа среднего туристского потенциала включает в себя страны, которые традиционно считаются популярными туристическими направлениями, – это Турция, Греция, Индонезия и Хорватия. Все эти страны имеют или пропагандируют свою связь с Шелковым путем, а также обладают достаточно хорошо развитой туристской инфраструктурой. К числу этих стран можно условно причислить маленькую и стремительно набирающую туристскую популярность Южную Корею.

В этой же группе находятся Узбекистан, Киргизия и Азербайджан, имеющие богатейшее культурно-историческое наследие и активно участвующие в развитии проекта «Шелковый путь». Кыргызстан, наряду с Китаем и Казахстаном, подал инициативу, в результате которой коридор Шелкового пути был внесен в список всемирного наследия ЮНЕСКО. Также в данных странах уделяется большое внимание развитию туристского потенциала и тематического маршрута, страны уже в настоящее время участвуют в транснациональных турах. Тем не менее они имеют серьезные проблемы с туристской и транспортной инфраструктурой, а также с безопасностью.

На нижней границе этой группы находится Саудовская Аравия, которая является достаточно развитой страной, обладающей культурно-историческим наследием, но слишком закрытой и строгой для полноценного развития туризма. Тем не менее правительством предпринимаются определенные шаги (многие инициативы блокируются отрицательно настроенной к повышению открытости частью общества).

В следующую группу с менее развитым туристским потенциалом входят небольшие страны (Израиль, Грузия), туристические страны, не очень связанные непосредственно с Великим Шелковым путем (Египет, Болгария), и обладающая не таким большим культурно-историческим наследием, как Узбекистан и Киргизия, страна Средней Азии – Таджикистан. Все эти страны менее, чем другие, продвигают туризм по Шелковому пути или вообще слабо участвуют в развитии проекта.

В группу стран с низким потенциалом входят менее развитые, чем в предыдущей группе, небольшие страны (Албания, Армения), которые имеют пока слабо развитую туристскую и транспортную инфраструктуру. Обе страны стараются продвигать идеи тематического туризма по Шелковому пути. Армения в этой связи тесно сотрудничает с Россией. В этой же группе и крупные также слаборазвитые страны Пакистан, Монголия и Туркменистан. Туркменистан среди них выделяется крайней закрытостью. Эти страны обладают и объектами ЮНЕСКО, связанными с Шелковым путем, и древними городами. Довольно активно страны участвуют в развитии проекта. Тем не менее на их территории критически слабо развита инфраструктура, в Пакистане также один из самых низких среди стран-участниц показатель ИРЧП, проигрывают они и по уровню безопасности.

В группе с очень низким потенциалом находятся страны с критическим уровнем небезопасности, это в основном страны, участвующие в открытых конфликтах, на территории которых ведутся или велись в недавнем прошлом боевые действия (Сирия, Ирак, в некоторой степени Украина). Также здесь крайне слаборазвитая страна Бангладеш, где все показатели достаточно низкие. Кроме этого, город-государство Сан-Марино, который, в общем, не имеет большого отношения к Шелковому пути, и крайне закрытая, пока еще совершенно неразвитая в туристическом отношении страна – КНДР.

Алгоритмический способ оценки привел к некоторым изменениям. Например, значительно подняли свой рейтинг Сан-Марино и Албания, потеряли свои места Саудовская Аравия и Туркменистан. Данные поправки справедливы, так как развитие туризма в Саудовской Аравии и Туркменистане сильно затруднено из-за визового режима, а в Туркменистане также отрицательно сказывается низкий уровень развития страны. Напротив, в Албании, как в стране Восточной Европы, развитие туризма имеет высокий потенциал

в целом, а Сан-Марино – богатый город-государство в пределах территории крайне развитой в туристическом отношении и имеющей высокий потенциал туризма по Шелковому пути Италии. Однако в целом большинство стран остались в пределах своих групп или рядом с ними, что подтверждает обоснованность выделения групп (табл.).

Тем не менее для успешного развития туристской отрасли необходимо эффективное управление ресурсами, грамотное продвижение национального туристского продукта, активное сотрудничество всех стран-участниц. Так, многими экспертами признается недостаточная реализация Россией ее большого (во многих видах туризма) туристского потенциала.

Сравнение результатов двух методик
The comparison of two methods

Средневзвешенный балл		Интегральный показатель
Китай	4,35	0,72 Китай
Япония	3,82	0,55 Япония
Италия	3,80	0,49 Италия
Казахстан	3,78	0,49 Казахстан
РФ	3,65	0,48 РФ
Иран	3,63	0,48 Албания
Турция	3,50	0,46 Греция
Греция	3,38	0,45 Сан-Марино
Индонезия	3,28	0,45 Иран
Корея	3,28	0,43 Хорватия
Узбекистан	3,28	0,43 Корея
Хорватия	3,21	0,43 Израиль
Азербайджан	3,20	0,42 Индонезия
Кыргызстан	3,04	0,41 Турция
Саудовская Аравия	3,02	0,40 Узбекистан
Израиль	2,93	0,40 Грузия
Болгария	2,90	0,39 Армения
Грузия	2,89	0,39 Кыргызстан
Египет	2,77	0,39 Азербайджан
Таджикистан	2,76	0,39 Болгария
Пакистан	2,73	0,36 Монголия
Монголия	2,72	0,35 Саудовская Аравия
Ирак	2,72	0,34 Украина
Албания	2,71	0,33 Египет
Туркменистан	2,71	0,32 Таджикистан
Украина	2,65	0,27 Бангладеш
Армения	2,63	0,27 Ирак
Бангладеш	2,57	0,26 КНДР
Сирия	2,57	0,19 Пакистан
Сан-Марино	2,51	0,18 Туркменистан
КНДР	2,08	0,15 Сирия

ВЫВОДЫ

К основным препятствиям повышения туристского потенциала относятся устаревшая и неэффективная визовая политика во многих странах, трудности пересечения границ в регионе, а также все еще недостаточное сотрудничество стран-участниц друг с другом. Заметен и недостаток во многих станах инфраструктуры, недостаточный уровень безопасности, слабое развитие экономики и социальной сферы. Таким образом, современные тенденции в мире дают все условия для развития туристской отрасли в странах Шелкового пути. Тем не менее из-за недостатков в некоторых сферах туристский потенциал у стран-участниц Шелкового пути неодинаков. Парадоксально, но ряд стран, обладающих богатым культурно-историческим наследием, связанным с Шелковым путем, из-за слабой развитости инфраструктуры, низкой безопасности и других недочетов имеют низкий туристский потенциал.

В целом можно выделить среди стран несколько полюсов роста, где ключевой страной является Китай, а также потенциальны к значительному росту Япония и Индонезия и страны Южной Европы. Соединяющим мостом между ними могут послужить Россия, Казахстан, некоторые страны Закавказья, Средней Азии и Ближнего Востока. Однако именно на Ближнем Востоке и в Средней Азии находятся участки «провалов» в виде стран с низким потенциалом и, более того, с открытыми вооруженными конфликтами на территории. Несмотря на обладание высоким потенциалом, важно рационально использовать ресурсы, эффективно продвигать концепцию туризма по Шелковому пути.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 17-55-53109.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-55-53109.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. План действий по Шелковому пути 2014/2015 // ЮНВТО. 2014.
2. *Сафарян А.А.* Подходы к оценке туристского потенциала территории // Географический вестник. 2015. № 1 (32) (дата обращения: 15.03.2017).
3. *Тикунов В.С.* Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). М.; Смоленск: СГУ, 1997. 367 с.

Интернет-источники

4. Оф. сайт проекта ТРАСЕКА. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.traceca-org.org
5. Платформа ЮНЕСКО «Шелковый путь». – [Электронный ресурс] Режим доступа: ru.unesco.org/silkroad/
6. Рейтинг стран мира по уровню экологической эффективности // Центр экологической политики и права при Йельском университете. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://gtmarket.ru/news/2016/01/29/7292 (дата обращения: 25.04.17).

Приложение. Сайты национальной статистики

7. Оф. статистический сайт Азербайджана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stat.gov.az
8. Оф. статистический сайт Албании. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.instat.gov.al
9. Оф. статистический сайт Армении. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.armstat.am
10. Оф. статистический сайт Бангладеш. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bbs.gov.bd

11. Оф. статистический сайт Болгарии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nsi.bg
12. Оф. статистический сайт Греции. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.statistics.gr
13. Оф. статистический сайт Грузии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ttp://www.geostat.ge
14. Оф. статистический сайт Египта. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sis.gov.eg/
15. Оф. статистический сайт Израиля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cbs.gov.il
16. Оф. статистический сайт Индонезии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bps.go.id
17. Оф. статистический сайт Ирана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.amar.org.ir
18. Оф. статистический сайт Италии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.istat.it
19. Оф. статистический сайт Казахстана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ghdx.healthdata.org/organizations/agency-republic-kazakhstan-statistics
20. Оф. статистический сайт КНР. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2015/indexeh.htm
21. Оф. статистический сайт Южной Кореи. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kostat.go.kr
22. Оф. статистический сайт Киргизии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stat.kg
23. Оф. статистический сайт Монголии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.en.nso.mn
24. Оф. статистический сайт Пакистана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pbs.gov.pk
25. Оф. статистический сайт России. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru
26. Оф. сайт Федерального агентства по туризму России. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.russiatourism.ru
27. Оф. статистический сайт Саудовской Аравии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.stats.gov.sa
28. Оф. статистический сайт Таджикистана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stat.tj
29. Оф. статистический сайт Туркменистана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stat.gov.tm
30. Оф. статистический сайт Турции. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.turkstat.gov.tr/Start.do
31. Оф. статистический сайт Узбекистана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.stat.uz
32. Оф. статистический сайт Украины. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ukrstat.org
33. Оф. статистический сайт Хорватии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dzs.hr/default_e.htm
34. Оф. статистический сайт Японии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stat.go.jp

REFERENCES

1. *Safarian A.A.* Approaches to the assessment of the tourism potential of the territory. Geographical Bulletin. 2015. No 1 (32) (in Russian).
2. *Tikunov V.S.* Classifications in geography: Renaissance or fading? (The experience of formal classifications). Moscow; Smolensk: SGU, 1997. 367 p. (in Russian).
3. The action plan on the Silk road 2014/2015. UNWTO. 2014.

Internet source

4. The official website of the TRACECA project. – [Electronic resource.] – Access mode: www.traceca-org.org
5. The UNESCO platform "Silk road". – [Electronic resource.] – Mode of access: ru.unesco.org/silkroad/
6. The ranking of countries in terms of environmental performance // Centre for environmental policy and law at Yale University. – [Electronic resource.] – Access mode: http://gtmarket.ru/news/2016/01/29/7292 (Date accessed: 25.04.17)

Supplementary material – Websites national statistics

7. The official statistical website of Azerbaijan. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.stat.gov.az
8. The official statistics site of Albania. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.instat.gov.al
9. The official statistical website of Armenia. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.armstat.am
10. The official statistical website of Bangladesh. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.bbs.gov.bd
11. The official statistical website of Bulgaria. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.nsi.bg
12. The official statistical site of Greece. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.statistics.gr
13. The official statistical website of Georgia. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.geostat.ge
14. The official statistical website of Egypt. – [Electronic resource.] – Access mode: http://www.sis.gov.eg/
15. The official statistical website of Israel. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.cbs.gov.il
16. The official statistical website of Indonesia. – [Electronic resource.] – Mode of access: https://www.bps.go.id
17. The official statistical site of Iran. – [Electronic resource.] – Access mode: https://www.amar.org.ir
18. The official statistical website of Italy. – [Electronic resource.] – Mode of access: https://www.istat.it
19. The official statistical website of Kazakhstan. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://ghdx.healthdata.org/organizations/agency-republic-kazakhstan-statistics
20. The official statistical publication of the PRC. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2015/indexeh.htm
21. The official statistical website of South Korea. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://kostat.go.kr
22. The official statistical website of Kyrgyzstan. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.stat.kg

23. The official statistical website of Mongolia. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.en.nso.mn
24. The official statistical website of Pakistan. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.pbs.gov.pk
25. The official statistical site of Russia. – [Electronic resource.] – Access mode: http://www.gks.ru
26. The official website of the Federal tourism Agency of Russia [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.russiatourism.ru
27. The official statistical website of Saudi Arabia. – [Electronic resource.] – Mode of access: https://www.stats.gov.sa
28. The official statistical site of Tajikistan. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.stat.tj
29. The official statistical website of Turkmenistan. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.stat.gov.tm
30. The official statistical website of Turkey. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.turkstat.gov.tr/Start.do
31. The official statistical website of Uzbekistan. – [Electronic resource.] – Mode of access: https://www.stat.uz
32. The official statistical website of the Ukraine. – [Electronic resource.] – Mode of access: https://ukrstat.org
33. The official statistical website of Croatia. – [Electronic resource.] – Mode of access: http://www.dzs.hr/default_e.htm
34. The official statistical website of Japan. – [Electronic resource.] – Access mode: http://www.stat.go.jp

Giovanni Nico[1, 2], Olimpia Masci[3], Evgeny Panidi[4]

NON-DESTRUCTIVE MONITORING STRATEGIES OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS AND TANGIBLE CULTURALE HERITAGE BASED ON GROUND-BASED SAR INTERFEROMETRY

ABSTRACT

Tangible cultural heritage, historical buildings and bridges have an important cultural significance and economic value within the tourism industry and the identity of local communities. The preservation and the assessment of their structural health are important issues which call for multidisciplinary teams and non-invasive monitoring techniques due the uniqueness and historical values of these man-made structures. Numerical models used to study the structural behavior of these historical buildings and bridges under different adverse conditions (e.g. intense traffic flow, natural hazard events, chemical pollution or simply aging) can benefit from accurate measurements of mechanical properties such as displacements and vibration frequencies, both bringing information about the static and dynamical behavior of such historical constructions. This work presents some results of structural monitoring of man-made structures by Ground-based Synthetic Aperture Radar (GBSAR) interferometry techniques. A ku-band GBSAR interferometer is used to derive displacement maps of the monitored target, with a sub-millimeter precisions. Furthermore, GBSAR interferometry is used to measure vibration frequencies of vertical and horizontal structures, such bell towers, towers, bridges and historical walls. The main advantage of this technique is its capability to operate in any weather and sun-illumination condition, in a truly Non-Destructive Monitoring (NDM) approach, i.e. without installing any reflector on the observed target.

KEYWORDS: Synthetic Aperture Radar (SAR), Ground-based SAR (GBSAR), SAR interferometry, Non-Destructive Monitoring (NDM), Structural Health Monitoring (SHM), metrology, displacement, vibration frequency, monuments, cultural heritage.

INTRODUCTION

The preservation of historical constructions and heritage sites is a major societal and scientific challenge of many countries. This becomes particular important in countries prones to natural hazards, against natural hazards, such as extreme climate events, floodings and earthquakes [Fanti et al., 2013]. There is a need for Non-Destructive Monitoring (NDM) methodologies that can provide quantitative information about the structural health of historical constructions and heritage sites, and that are cost-effective in order to set plans of regular periodical measurement campaigns or to easily carry out emergency check-ups after serious natural hazards events [Masini et al., 2010; Chen et al., 2018].

The preservation of historical constructions and heritage sites is highly stimulating intersectorial and multidisciplinary research fields, needing both numerical modeling and analysis of structures and measurements of different physical and chemical properties of both structures and construction materials.

---

[1] Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Applicazioni del Calcolo, Via Amendola, 122/O, 75100, Bari, Italy, *e-mail:* **g.nico@ba.iac.cnr.it**

[2] Saint Petersburg State University, 10th line V.O., 33, 199178, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* **giovanni.nico@spbu.ru**

[3] DIAN srl, Via G.B Pirelli sn, Z.I. La Martella, 75100 Matera, Italy, *e-mail:* **o.masci@dianalysis.eu**

[4] Saint Petersburg State University, 10th line V.O., 33, 199178, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* **panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru**

This work is aimed at presenting some results of ongoing research activities concerning the measurement of deformations and vibration frequencies by Ground-Based Synthetic Aperture Radar (GBSAR) interferometers for structural assessment of monumental buildings. Results presented in the work were acquired at two test beds affected by various forms of material and structural degradation. These are: the Modena's Ghirlandina belltower, and the Orvieto's Cathedral façade, both in Italy.

GBSAR interferometry makes possible to obtain dense and precise (sub-millimetre) deformation measurements and vibration frequency spectra of each structural element of the historical site at relatively low cost [Pieraccini et al., 2015; Di Pasquale et al., 2018]. For these characteristics, this technology can be a powerful tool, complementary to in-situ measurements and structural analysis technologies, for monitoring of historical sites. The identification of anomalies can possibly indicate the activation of local failure mechanisms and be useful for a detailed architectural and damage survey, as well as in light of damage scenarios predicted by finite element simulations. Furthermore, GBSAR measurements, complemented by visual inspections, can guide the definition and installation of a mixed static-dynamic continuous structural health monitoring (SHM) systems.

GROUND-BASED RADAR INTERFEROMETRY: BASIC PRINCIPLES AND APPLICATIONS

The ground-based radar interferometry technique relies on a radar system that observes the same scene from the same location at different times. The basics concept is that of Real Aperture Radar (RAR) system which is a stepped-frequency continuous-wave (SF-CW) radar that emits a continuous wave with different progressive frequencies within a given frequency band. The corresponding echoes, backscattered by the scene give rise, to the raw data. If the radar system is moved along a rail of finite length, changing its position with a constant step, a SAR system is obtained where the SF-CWs, with increasing frequencies, are transmitted, and the corresponding echoes received, at each position of the rail. In the case of a SAR system, the raw data structure consists of a matrix with the number of columns, given by the acquisition positions along the rail, and rows, given by the transmitted frequencies. The Frequency-Domain Back-Propagation (FDBA) algorithm provides the exact focusing method of GBSAR. It performs a coherent summation, of the different frequency contributions for each radar position, corrected for the phase delay:

$$S(\rho,\psi) = \frac{1}{M_R N_R} \sum_{n=1}^{N_R} \sum_{m=1}^{M_R} d(x_n, f_m) \times \exp\left\{ i 4\pi \, f_m \frac{R}{c} \right\} \quad (1)$$

where $d(xn, fm)$ is the raw data matrix, x_n and f_m are the acquisition position and transmitted frequency, respectively, R is the distance of each point in the scene with respect to the center of the synthetic aperture, c is the speed of light and $S(\rho, \psi)$ is the focused image given in polar coordinates. If the TX/RX antennas are sled along rail, a SAR image can be created with an azimuth resolution Δx:

$$\Delta x = \frac{\lambda R}{2L} \quad (2)$$

where R is the range distance and L is the rail length (in this case L = 2 m). In interferometric applications the radar system acquires a time series $\{S_i, i=1,\ldots,N\}$ of either coherent 1D radar profiles or 2D SAR images of the scene. Couples of interferometric radar data can be selected taking consecutive acquisitions or obtained at different times. In both cases, for each pair of radar data the interferometric phase is computed as follows:

$$\Delta\varphi_{1,2} = \operatorname{atan}\left\{ \mathrm{S}_2 \cdot conj\left(\mathrm{S}_1\right) \right\} \quad (3)$$

where S_1 and S_2 are the two coherent complex-values radar data acquired at times t_1 and t_2, respectively. The Line-of-Sight (LoS) displacement $D_{1,2}$ of a point P in the scene, occurred in the time interval $[t_1, t_2]$ is related to the interferometric phase $\Delta\varphi_{1,2}$ by the relationship:

$$D_{1,2} = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\varphi_{1,2} \tag{4}$$

where λ is the radar wavelength (in this case $\lambda = 18$ mm). The precision of displacement measurements depends on the accuracy of phase measurements and it can be a fraction of millimeter, if artifacts due to phase propagation in atmosphere are identified and corrected. In the case of RAR interferometric applications, radar data acquired with the minimum sampling time, in the order of a fraction of second, are interferometrically processed to accurately track in time the deformation profile and to measure the vibration frequency spectrum and acceleration of the displacements, an useful information when this technology is applied to the study of dams. In contrast, in SAR interferometric applications the acquisition of SAR images requires a few minutes and the interferometric couples can be formed using a temporal baseline larger than the minimum time interval between the acquisition of two successive SAR images. The reason for this choice can related to the particular monitoring, continuous vs repeated campaign, or to the need to optimize the interferometric processing (e.g. increase the interferometric coherence or mitigate atmospheric phase delay effects).

The research, described in this paper, was carried out using the IBIS-S/L sensor, a commercial radar with interferometric capability built by IDS. The system consists of a sensor module, a control PC, a power supply unit and data acquisition software. The IBIS sensor is a stepped frequency continuous wave radar which transmits an electromagnetic signal at a central frequency of 17.2 GHz (Ku band) with a maximum bandwidth of 300 MHz, corresponding to a range resolution of 0.75 m. A description of the GBSAR data acquisition strategies, processing algorithms and visualization tool of measurements can be found in [Di Pasquale et al., 2018].

RESULTS

In this section we present a few results about the monitoring of monuments in Italy, using the GBSAR technique. In the following, we describe the application of GBSAR interferometry to measure displacements and vibration frequencies of belltowers and pinnacles in the façade of churches. The first example refers to the Ghirlandina belltower, the symbol of the city of Modena, Italy. The Ghirlandina belltower, the Cathedral and the nearby Piazza Grande have been a UNESCO World Heritage Site since 1997. The belltower is 89.32 metres tall and is characterized by strong visible deformations due to a complex construction history, the peculiar subsoil conditions and the effects of both natural and man induced subsidence [Castagnetti et al., 2017]. The aim of the measurement campaign was to demonstrate the use of GBSAR for non-destructive measurements of both the natural vibration frequencies of the belltower structure and those induced by the bell ringing. Figure 1 shows a photo of the Ghirlandina belltower and of the GBSAR system.

Fig. 1. (a) Photo of the Ghirlandina belltower from one of the GBSAR acquisition stations; (b) detail of the GBSAR system used in the measurement campaign

The following Figure 2 and 3 show the results which were observed by two different GBSAR installation sites. In particular, Figure 2a reports the profile of Radar Cross Section (RCS), i.e. the radar response of different targets, observed by the GBSAR. Targets are indentified in terms of their range distance from the GBSAR. For each target, the GBSAR measures the temporal evolution of the LoS displacements. Figure 2b shows the vibration spectrum of all the targets observed by the GBSAR. Examples of LoS displacements and corresponding vibration spectrum of targets of interest located at the top of the belltower are reported in Figures 2c, 2d.

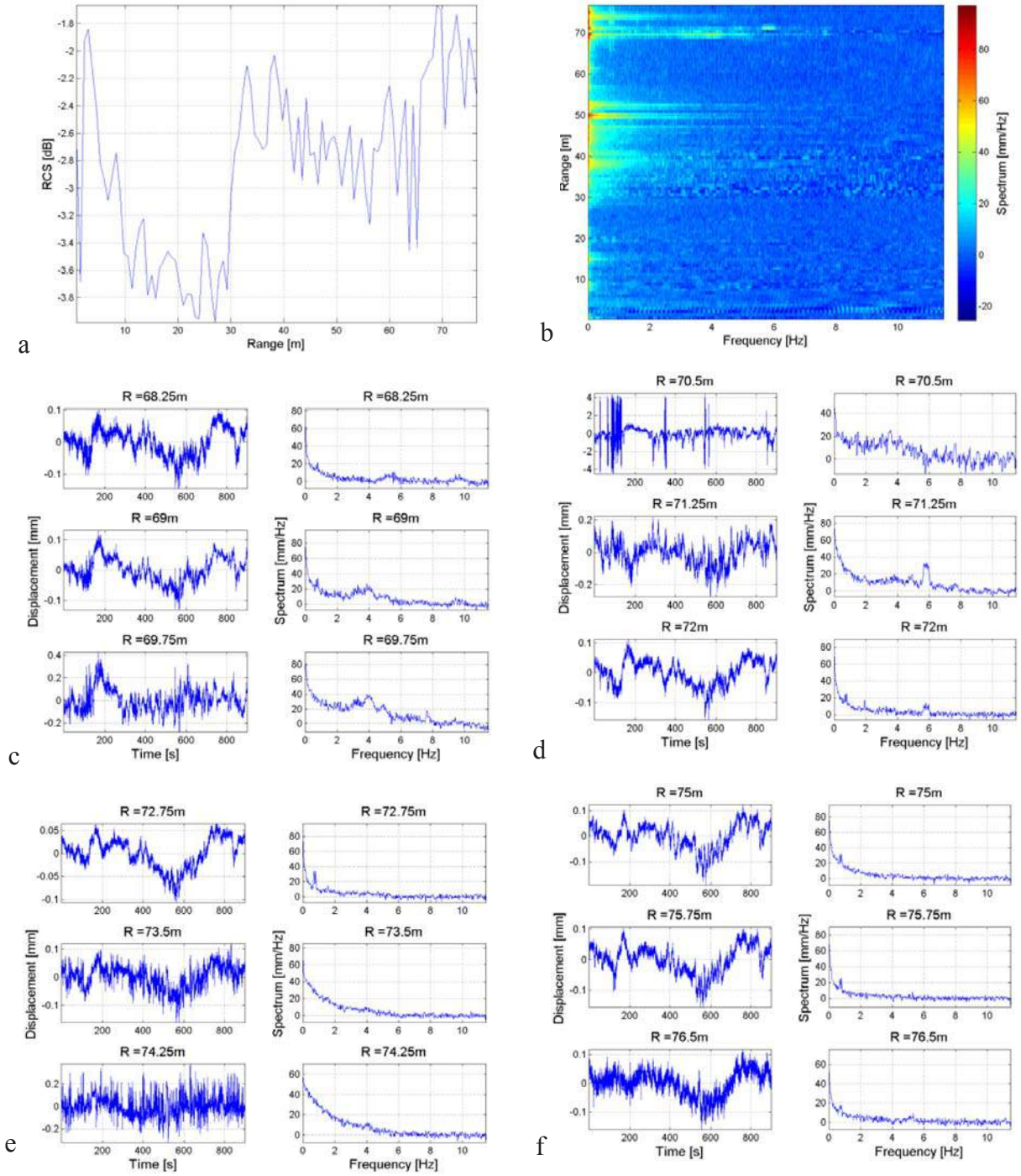


Fig. 2. Ghirlandina belltower, GBSAR site 1:
(a) Radar Cross Section of targets located at range distances up to 80 m; (b) Vibration spectrum of targets; (c–f) Displacement profiles and the corresponding vibration spectra of selected targets

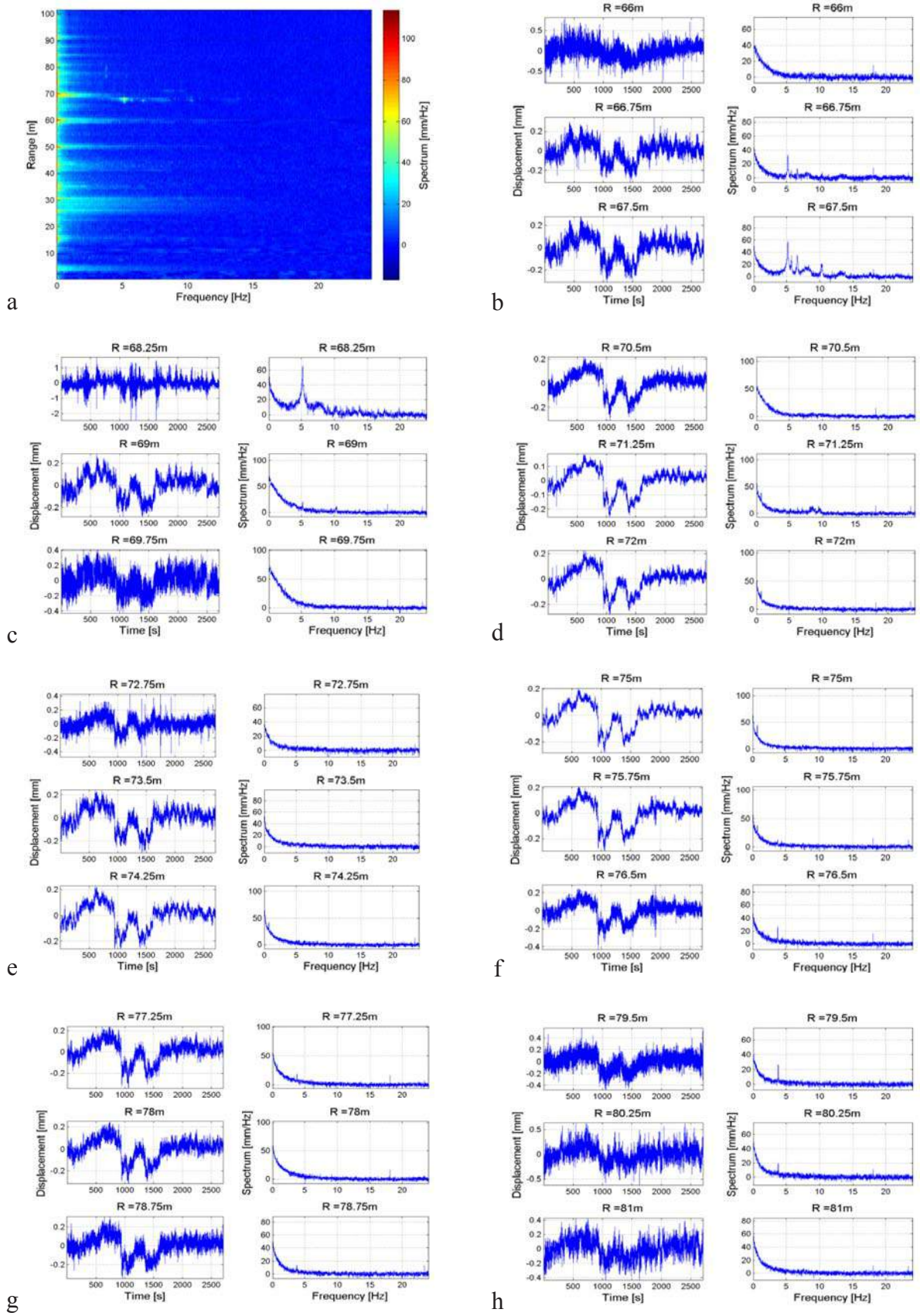


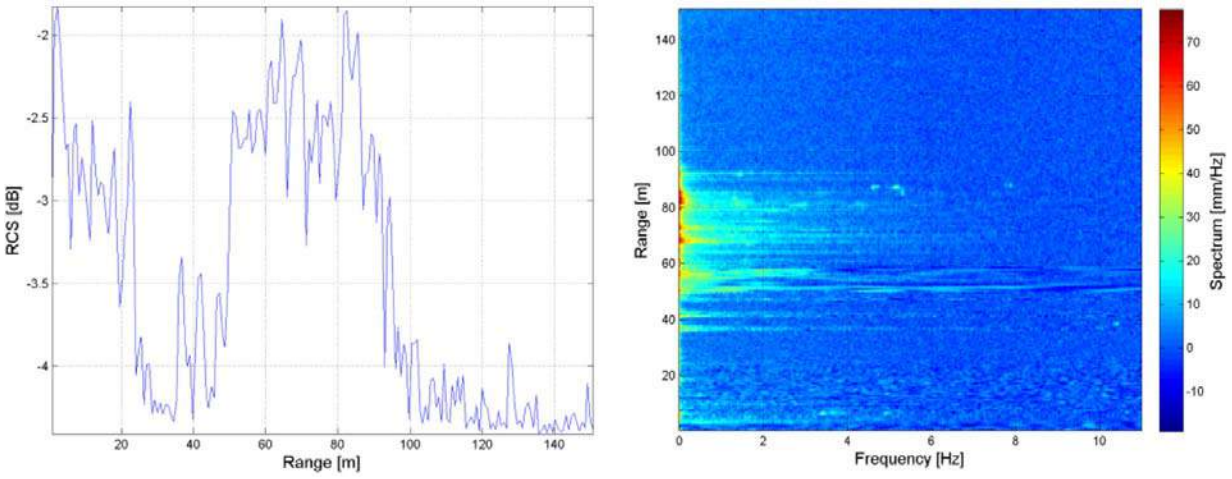
Fig. 3. Ghirlandina belltower, GBSAR site 2:
(a) Radar Cross Section of targets located at range distances up to 80 m; (b) Vibration spectrum of targets;
(c–f) Displacement profiles and the corresponding vibration spectra of selected targets

Figure 3a reports the vibration spectrum of all the targets observed by the GBSAR at the installation site 2. Examples of LoS displacements and corresponding vibration spectrum of targets of interest located at the top of the belltower are reported in Figures 3b-3h. This dataset was acquired during the ringing of bells and allows to measure the response of the different structural elements of the belltower. In particular, targets located at range distance between R = 66 m and R = 69 m show vibration frequencies in the range [5 Hz, 10 Hz], not observed in Figure 2.

The second example refers to the monitoring of the Gothic façade of the Orvieto Cathedral, Italy. The monitored façade and one of the two GBSAR installation sites are shown in Figure 4. The RCS profile and the vibration spectrum of all targets observed by GBSAR at site 1 are reported in Figures 5a and 5b. Examples of LoS displacement and the corresponding vibration spectra are reported in Figure 6.

a b

Fig. 4. (a) Photo of the Orvieto Cathedral façade; (b) GBSAR installation site 1



a b

Fig. 5. Orvieto Cathedral façade, GBSAR installation site 1:
(a) Radar Cross Section of targets located at range distances up to 150 m; (b) Vibration spectrum of targets

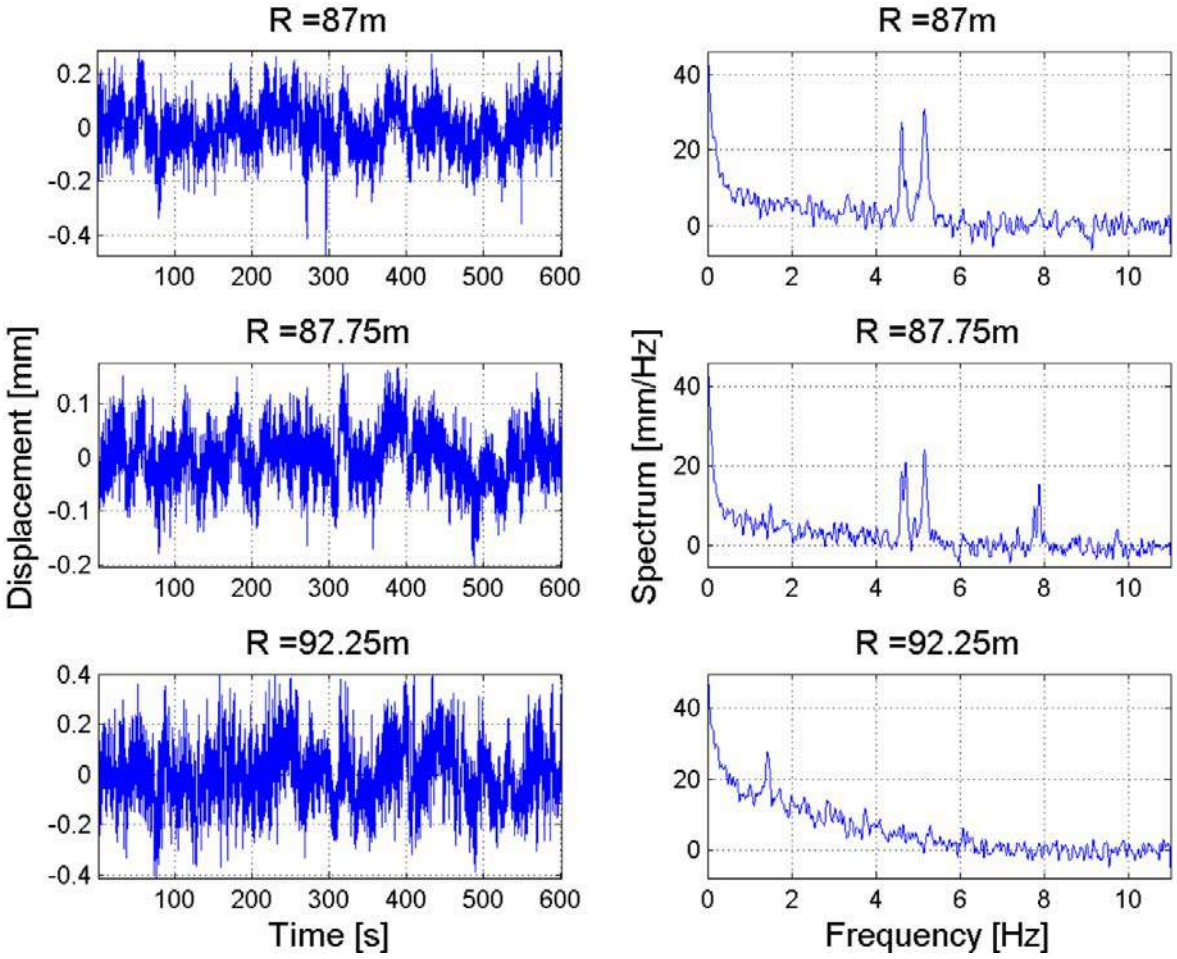
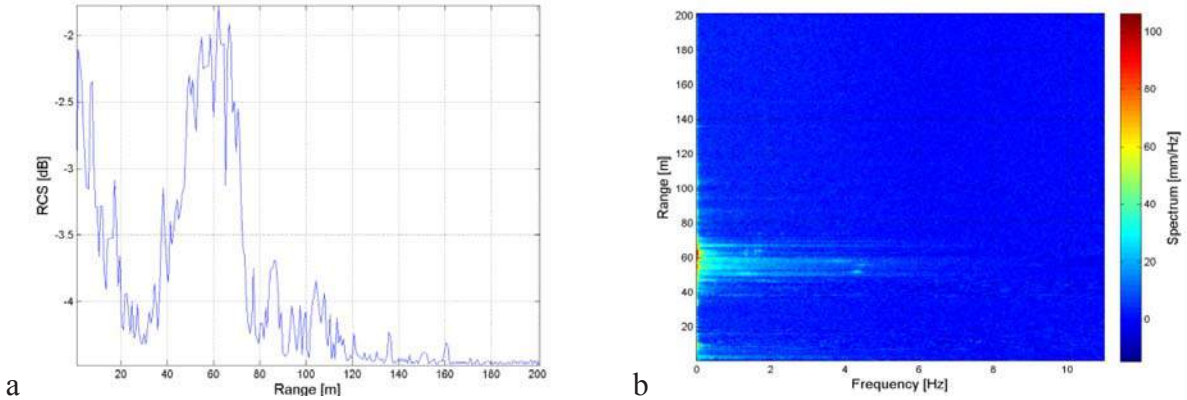


Fig. 6. Orvieto Cathedral façade, GBSAR installation site 1:
displacement profiles and the corresponding vibration spectra of selected targets

The RCS profile and the vibration spectrum of all targets observed by GBSAR at site 2 are reported in Figures 7a and 7b. Examples of LoS displacement and the corresponding vibration spectra are reported in Figure 8.



a b

Fig. 7. Orvieto Cathedral façade, GBSAR installation site 2:
(a) Radar Cross Section of targets located at range distances up to 150 m;
(b) Vibration spectrum of targets

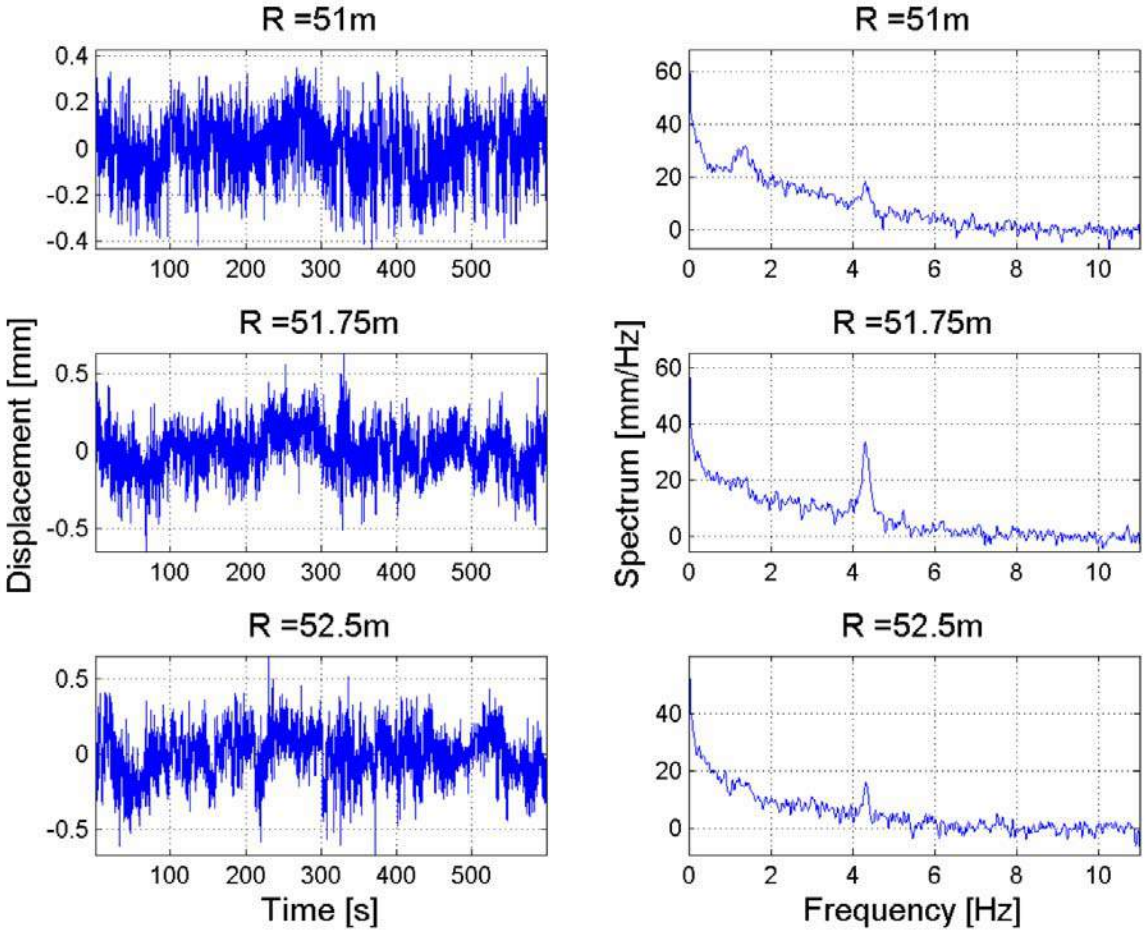


Fig. 8. Orvieto Cathedral façade, GBSAR installation site 2:
displacement profiles and the corresponding vibration spectra of selected targets

REFERENCES

1. *Castagnetti C., Cosentini R.M., Lancellotta R., Capra A.* Geodetic monitoring and geotechnical analyses of subsidence induced settlements of historic structures. Structural Control Health Monitoring. 2017. V. 24 (12). P. 1–15. DOI: 10.1002/stc.2030.

2. *Chen F., You J., Tang P. et al.* Unique performance of spaceborne SAR remote sensing in cultural heritage applications: Overviews and perspectives. Archaeological Prospection. 2018. V. 25. P. 71–79. DOI: 10.1002/arp.1591.

3. *Fanti R., Gigli G., Lombardi L. et al.* Terrestrial laser scanning for rockfall stability analysis in the cultural heritage site of Pitigliano (Italy). Landslides. 2013. V. 10. P. 409–420. DOI: 10.1007/s.10346-012-0329-5.

4. *Masini N., Persico R., Rizzo E.* Some examples of GPR prospecting for monitoring of the monumental heritage. Journal of Geophysics and Engineering. 2010. V. 7. P. 190–199. DOI: 10.1088/1742-2132/7/2/S05.

5. *Di Pasquale A., Nico G., Pitullo A., Prezioso G.* Monitoring strategies of earth dams by ground-based radar interferometry: how to extract useful information for seismic risk assessment. Sensors. 2018. V. 18 (244). P. 244–271. DOI: 10.3390/s18010244.

6. *Pieraccini M., Dei D., Betti M. et al.* Dynamic identification of historic masonry towers through an expeditious and no-contact approach: Application to the "Torre del Mangia" in Siena (Italy). Journal of Cultural Heritage. 2015. V. 15. P. 275–282. DOI: 10.1016/j.culher.2013.07.006.

УДК 332+271.2+910.1

Гуня А.Н.[1], Ефимов А.Б.[2]

К ОБОСНОВАНИЮ КОНЦЕПЦИИ ПРАВОСЛАВНОГО АТЛАСА РОССИИ

АННОТАЦИЯ

Концепция православного атласа России базируется на комплексе методологических и мировоззренческих подходов в области сбора, анализа и картографической визуализации эмпирических данных об истории, распространении и современном состоянии православия в России, его взаимоотношении с другими религиями. В основе создания православного атласа России лежит сочетание нескольких блоков: 1) философско-богословское обоснование концепции, объекта картографирования и его особенностей для территории России; 2) сбор и упорядочение пространственной информации – инвентаризация историко-культурных процессов, происходивших и происходящих на территории России, переложение их в карты; 3) аналитический блок, включающий интерпретацию, связь с другими явлениями и процессами, такими как природная среда, расселение, социально-экономическое развитие и др. В современных картографических работах представлены лишь элементы второго блока. Целостную картину о распространении и характере религиозных процессов можно получить, лишь учитывая территориальную природную и культурную специфику России. Эта специфика раскрыта в трудах русских философов. В частности, И.А. Ильин выразил ее в трех свойствах России: бремени большой территории, бремени суровой природы и бремени многонационального состава страны.

Важнейшими результатами работы над атласом станут: 1) инвентаризация духовно-культурного наследия России; 2) отражение современного состояния, глубина и степень укорененности духовных ценностей в культурную среду, выявление трендов изменения в религиозной ситуации в регионах, появление рисков и конфликтов; 3) изучение связи духовно-культурных процессов с процессами в экономике, окружающей среде; 4) разработка методов изучения религиозных процессов в пространстве и их картографическая визуализация; 5) создание методологии междисциплинарного анализа и синтеза религиозных процессов в географической среде. Работа над Атласом должна объединить ученых, философов и богословов. И это тоже один из важных результатов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: атлас, религиозные процессы, православие, территория России, духовно-культурное наследие.

[1] Институт географии РАН, Старомонетный переулок, 29, 119017, Москва, Россия, *e-mail:* **gunyaa@yahoo.com**

[2] Православный Свято-Тихоновский гуманитарный университет, Лихов пер., 6, стр. 1, 127051, Москва, Россия, *e-mail:* **missioner2017pstgu@gmail.com**

Alexey N. Gunya[1], Andrei B. Efimov[2]

TO THE RATIONALE OF THE CONCEPT OF THE ORTHODOX ATLAS OF RUSSIA

ABSTRACT

The concept of the Orthodox Atlas of Russia is based on a complex of methodological and ideological approaches of collection, analysis and visualization of empirical data on the history, distribution and contemporary status of Orthodoxy in Russia. At the heart of the creation of the Orthodox Atlas of Russia is a combination of several blocks: 1) the philosophical and theological rationale for the concept, the object of mapping and its features for the territory of Russia; 2) collection and ordering of spatial information – inventory of historical and cultural processes that took place and takes place on the territory of Russia, transferring them into maps; 3) an analytical unit that includes interpretation, link with other phenomena and processes, such as the natural environment, resettlement, socio-economic development, etc. In modern cartographic works, only elements of the second block are presented. A holistic picture of the spread and nature of religious processes can be obtained only taking into account the territorial natural and cultural specifics of Russia. This specificity is revealed in the works of Russian philosophers. In particular, Ilyin Ivan expressed it in three properties of Russia: the burden of a large territory, the burden of a harsh nature and the burden of a multinational composition of the country.

The most important results of the work on the atlas will be: 1) scrutinizing the spiritual and cultural heritage of Russia; 2) the reflection of the current state, the depth and degree of embeddedness of spiritual values in the cultural environment, the identification of trends in the religious processes in the regions, the emergence of risks and conflicts; 3) studying the relationship of spiritual and cultural processes with processes in the economy, and environment; 4) development of methods for studying religious processes in space and their cartographic visualization; 5) creating a methodology for interdisciplinary analysis and synthesis of religious processes in a geographic environment. Work on Atlas should unite scientists, philosophers and theologians. And this is also one of the important results.

KEYWORDS: atlas, religious processes, Orthodoxy, territory of Russia, spiritual and cultural heritage.

ВВЕДЕНИЕ

Работа по подготовке православного атласа России является сложным и многогранным процессом, направленным на систематический сбор данных, его переосмысливание и дельнейшее отражение в картах религиозных процессов в России и на каноническом пространстве Русской Православной Церкви. Последние десятилетия характеризуются резким увеличением количества публикаций о православии и в особенности о его трагической новейшей истории. Однако использование карт, иллюстрирующих различные сюжеты, связанные с жизнью русских православных святых и новомучеников, все-таки пока еще относительно редкое явление. Как правило, в центре картографирования стоят исторические процессы и явления, здесь имеется определенный методологический задел. Следует отметить, что еще в конце XIX в. А.Ф. Риттихом были составлены конфесси-

[1] Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny per., 29, 119017, Moscow, Russia, *e-mail:* **gunyaa@yahoo.com**
[2] Orthodox St. Tikhon Humanitarian University, Likhov per., 6, p. 1, 127051, Moscow, Russia, *e-mail:* **missioner2017pstgu@gmail.com**

ональные карты, приложенные к подготовленной им серии под названием «Материалы для этнографии России» [Пучков, 2007]. Несмотря на важность данного слоя информации, представляется, что этого вряд ли будет достаточно. Не менее важными объектами картографического отображения являются нынешние религиозные процессы и их динамика, исследование которых имеет большое значение не только в чисто научном или научно-образовательном аспекте, но и для обоснования практических шагов в социально-политической области. Составление такого атласа важно для обучения и воспитания, учитывая особую роль территории в жизни Российского государства. Такая большая и ответственная работа над атласом должна иметь свое духовное, философское и научное сопровождение. Это связано со сложностью объекта картографирования – религиозных процессов, динамика которых определяется комплексом факторов, в том числе слабо изученных.

В данной работе характеризуются лишь некоторые этапы создания атласа как процесса исследования сложных социальных процессов, выраженных в территориальной проекции и территориальной дифференциации религиозных и им сопутствующих явлений. Создание православного атласа России, таким образом, важный инструмент сбора, обработки и визуализации междисциплинарных данных о социальных явлениях и процессах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Концепция православного атласа России базируется на комплексе методологических и мировоззренческих подходов, отражающих позицию ученых различных направлений, а также общественников и политиков в области сбора, анализа и визуализации данных об истории, распространении и современном состоянии православия в России. В основе разработки концепции православного атласа России лежит сочетание методов и обобщение материалов по нескольким блокам:

I. Философско-богословское обоснование концепции, объекта картографирования и его особенностей для территории России;

II. Сбор и упорядочение пространственной информации – по сути, систематизирование, инвентаризация историко-культурных процессов, происходивших и происходящих на территории России, переложение их в карты;

III. Аналитический блок, включающий интерпретацию, связь с другими явлениями и процессами.

В данной статье, на этапе разработки концепции православного атласа России, использовались полевые работы в некоторых регионах, а также сбор и визуализация статистических данных по епархиям РПЦ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

I. **Философско-религиозный и богословский** вклад в понимание территории и пространства России должен лежать в основе создания атласа. Разработка его концепции учитывает такие важные аспекты, как:

– Связь православия и территории России – в чем ее суть и как это должно быть отражено в концепции;

– Соотношения духовно-религиозных аспектов жизни с географическими, социальными, экономическими и другими процессами;

– Понятие канонической территории Русской Православной Церкви.

Роль территории в жизни России многогранна. Односторонняя (экономическая или социальная) оценка территории не раскрывает всей значимости территории для русского народа. Западные экономические теории и отечественные экономисты-либералы указывают, что территория часто является балластом в экономическом развитии, а ресурсы

на этой территории, например нефть и газ, якобы и вовсе мешают нормальному развитию России («нефтяная игла»).

В современном глобализирующемся мире роль территории и пространства изменяется. Обычные географические карты, на которых мы привыкли видеть площади государств, не передают всей ценности территории. Если сохранить очертания границ, но вместо величины площади отобразить, например, численность населения или распределение финансов в мире, то Россия будет узкой, едва заметной полоской на севере Евразии [см., например, Гусейн-Заде, Тикунов, 1999; Колосов и др., 2000]. В связи с усилением социальных взаимодействий людей (благодаря современным средствам передвижения и коммуникаций) площадные показатели не являются приоритетными в социальном и экономическом развитии. Территориальное и региональное разнообразие все больше начинает восприниматься как свойство отсталых традиционных сообществ [Минакир и др., 2013]. Развитые страны проводят региональную политику внутри своих стран, направленную на унификацию и сглаживание региональных различий. В России экономисты-либералы выступают за отказ от экстенсивного развития восточных регионов России.

Среди объективных и рациональных факторов, характеризующих развитие России в современном мире, таких как огромная территория с богатыми природными ресурсами, особое положение между Западом и Востоком, важная роль в регулировании межцивилизационных конфликтов, слабо изученными остаются вопросы о том, что сохраняет устойчивость российского территориально-государственного образования. Чем определяется феномен России, устоявшей после тяжелых испытаний XX в., сохранившей свою территорию и государственность, культуру, сочетающую различные уклады и тенденции развития? Является ли это долговременным и устойчивым? И если да, то что лежит в основе этой устойчивости? Эти вопросы были и остаются предметом дискуссии многих поколений ученых и философов. В XX в. во время коммунистического правления все объяснялось якобы наиболее правильным марксистско-ленинским выбором модели развития. История показала ложность этого выбора, как и сомнительность идти путем «западной демократии».

Переосмысление движущих сил, которые лежат в основе российской государственности, приводит к богатым истокам русской философской мысли, прежде всего, в трудах И.А. Ильина, о. Павла Флоренского, С.Н. Булгакова, А.В.Лосева и др. В частности, И.А. Ильин выразил ее в трех свойствах России: бремени большой территории, бремени суровой природы и бремени многонационального состава страны [Ильин, 1996].

Новые вызовы современности, связанные с миграциями народов, ставят и новые проблемные вопросы, например, как быть с границами России, должны ли они быть закрытыми для мигрантов или же свободными для передвижения. И решать эти вопросы надо, конечно, не односторонне, а с учетом миссии России в мире. Православный атлас России должен учесть это разнообразие народов и религий как достояние.

Духовно-культурное пространство России отождествляется с территорией России, но ею не ограничивается [Гуня, Ефимов, 2016а, б]. Учитывая взаимодействия с другими окружающими Россию государствами и религиями, можно выделить внешнюю «оболочку» духовно-культурного пространства России, представленную странами, не входящими в каноническое пространство РПЦ.

Собственно каноническое пространство РПЦ охватывает территорию 15 стран, включая Японию и Китай. Дискуссии о границах канонического пространства РПЦ, обострившиеся после распада СССР и трансформации расстановок сил на мировой арене, неизбежны. Современная ситуация в целом отражает взаимоотношение канонического пространства РПЦ с другими конфессиями и геополитическими ареалами (рис. 1).

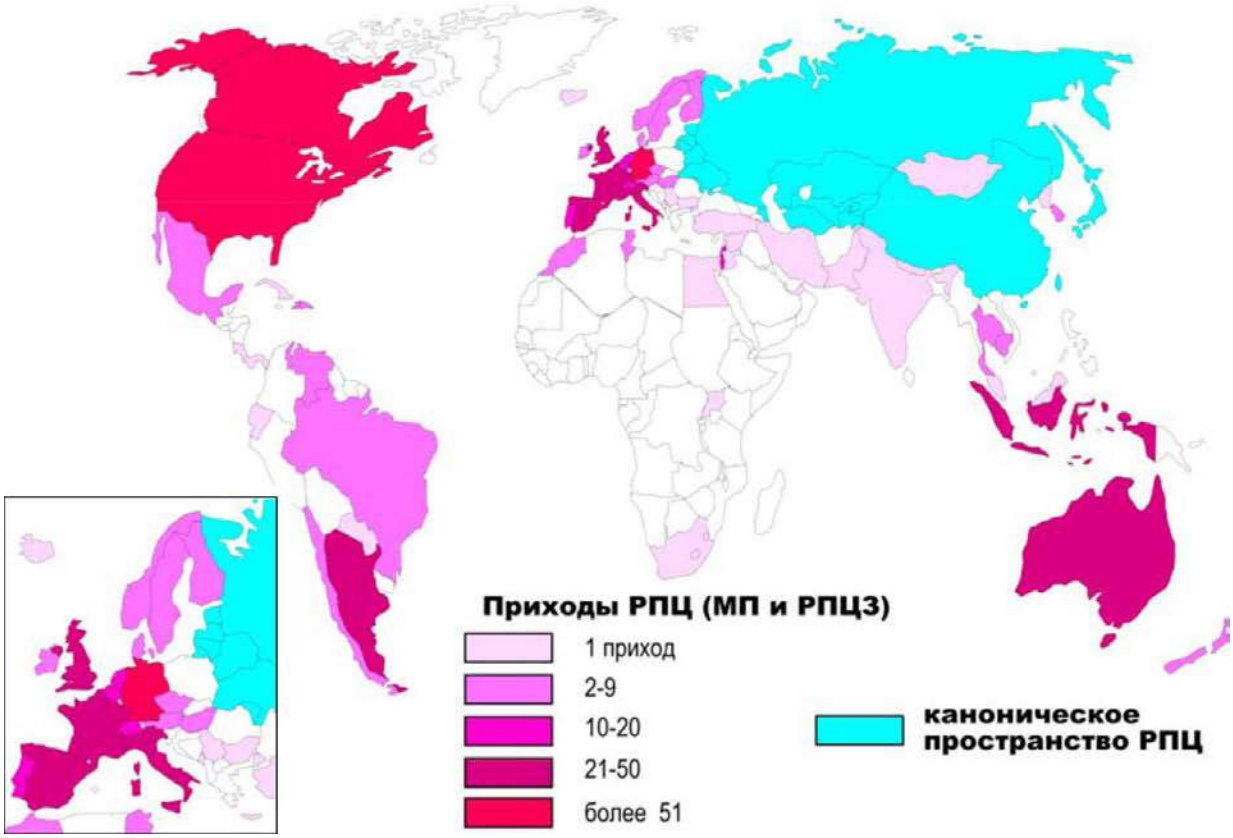


Рис. 1. Каноническое пространство Русской Православной Церкви (РПЦ) и распространение приходов по данным сайтов епархий Московского Патриархата (МП) и Русской Православной Церкви Заграницей (РПЦЗ)

Fig. 1. The canonical space of the Russian Orthodox Church and the distribution of parishes according to the websites of the dioceses of the Moscow Patriarchate and the Russian Orthodox Church Outside of Russia

II. **Инвентаризация имеющихся данных.** Разработка концепции православного атласа России опирается на уже имеющиеся результаты и опыт составления карт религиозного содержания как в России, так и за рубежом. Большую известность получили карта религий России, созданная под руководством профессора П.И. Пучкова [Винокурова и др., 2003]. В основе создания этой карты лежит допущение, что каждый народ придерживается той или иной религии. Соответственно, например, те территории, где преобладают русские, были обозначены на карте как ареалы с преобладанием православия.

Значительных результатов в области картографирования православия добилась группа под руководством профессора Г.Н. Озеровой (Санкт-Петербург). Был подготовлен Атлас «Русская Православная Церковь: из века в век» [Озерова и др., 2010]. Временной охват атласа – весь период существования Русской Православной Церкви. Здесь представлены десятки карт на разных пространственных уровнях, включая показ центров православных автокефальных Церквей, динамику епархиальных границ и др.

Кроме таких фундаментальных и обобщающих работ по всей России, имеется ряд региональных карт в атласах отдельных регионов России. Так, следует отметить удачный опыт картографирования Ханты-Мансийского округа [Котова, 2014], создание карт монастырей центральной России, Соловецких островов и др. Из карт национальных регионов, где православие тесно соприкасается с другими религиями, следует указать издание справочника-путеводителя для Кабардино-Балкарии [Христианские святыни Кабардино-Балкарии, 2013].

Отражение современности на картах значительно отстает от создания исторических карт религиозного содержания. Необходимо подчеркнуть, что почти весь XX в. был вычеркнут из поля зрения ученых, занимающихся изучением православия на территории самой большой страны мира. И здесь не грех позаимствовать лучшие образцы картографирования религиозных процессов, которые имеются в других странах (где не было разрыва в научных школах). Особенно это касается картографирования современных духовно-культурных процессов, основанного на эмпирических материалах, собираемых непосредственно в регионах. Они основаны, как правила, на опросах, а также приходской статистике. В качестве примера подробного отражения на карте конфессиональной принадлежности населения может быть карта, составленная по материалам статистики США [Religious Congregations, 2000] (рис. 2).

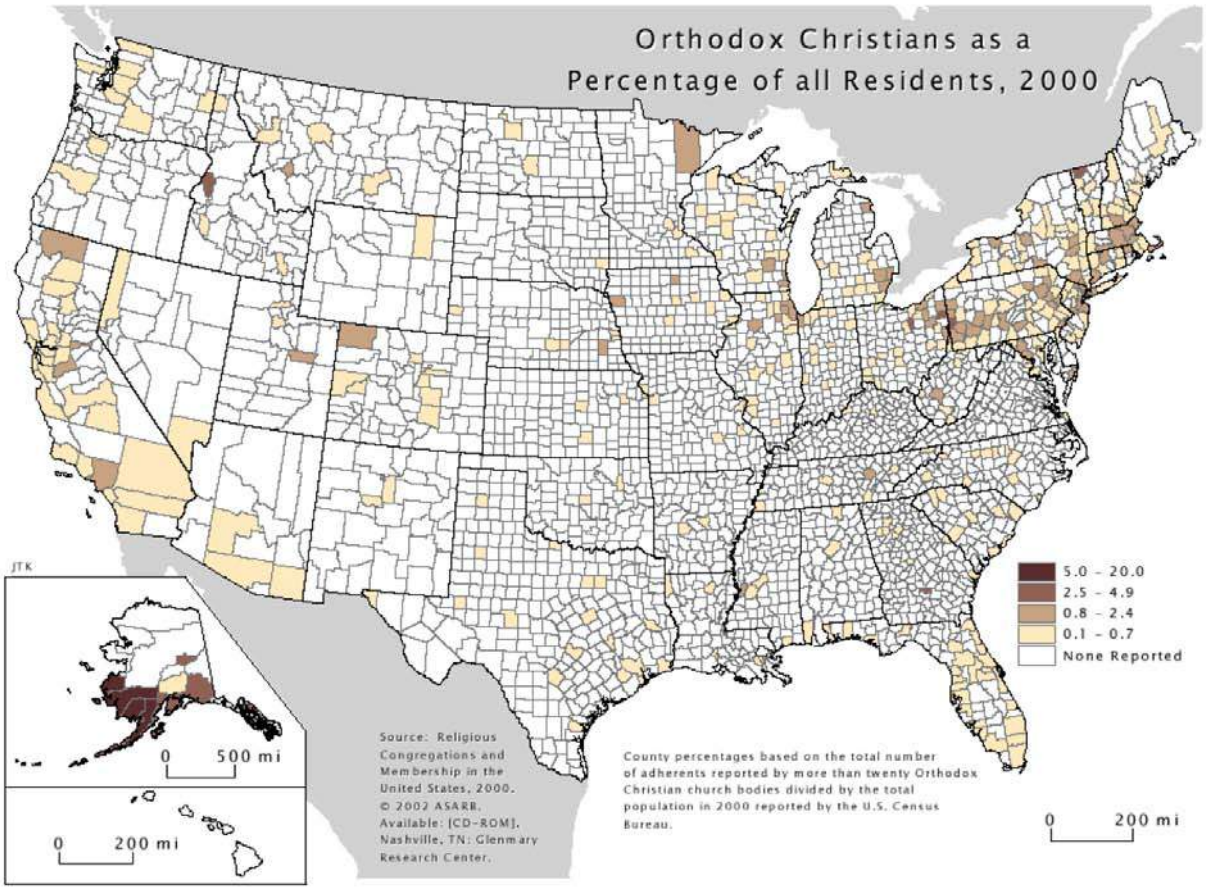


Рис. 2. Православные христиане в США (в процентах к общему числу жителей) на 2000 г.
Fig. 2. Orthodox Christians in the United States (in percentage of the total number of inhabitants), 2000

Такой статистической обеспеченности, которая представлена на рис. 2, стоит только желать. Систематический сбор информации по приходам, благочиниям и епархиям в России только начинается. Поэтому весьма важно определить те показатели, которые могут лежать в основе накопления данных. Помимо числа храмов, к таким показателям можно отнести число посещающих храм, причащающихся, участвующих в других требах (крещение, исповедь, соборование).

Так, картографирование на ключевом участке в одном из западных районов Брянской области базировалось на сочетании нескольких показателей: наличии храмов, их посещаемости, участии в обрядах и др. Построенная карта (рис. 3) может являться неким

первичным примером отражения территориальных различий в вовлеченности населения в церковную жизнь (православие). Для объяснения этих различий понадобятся уже инструменты из следующего (аналитического) блока.

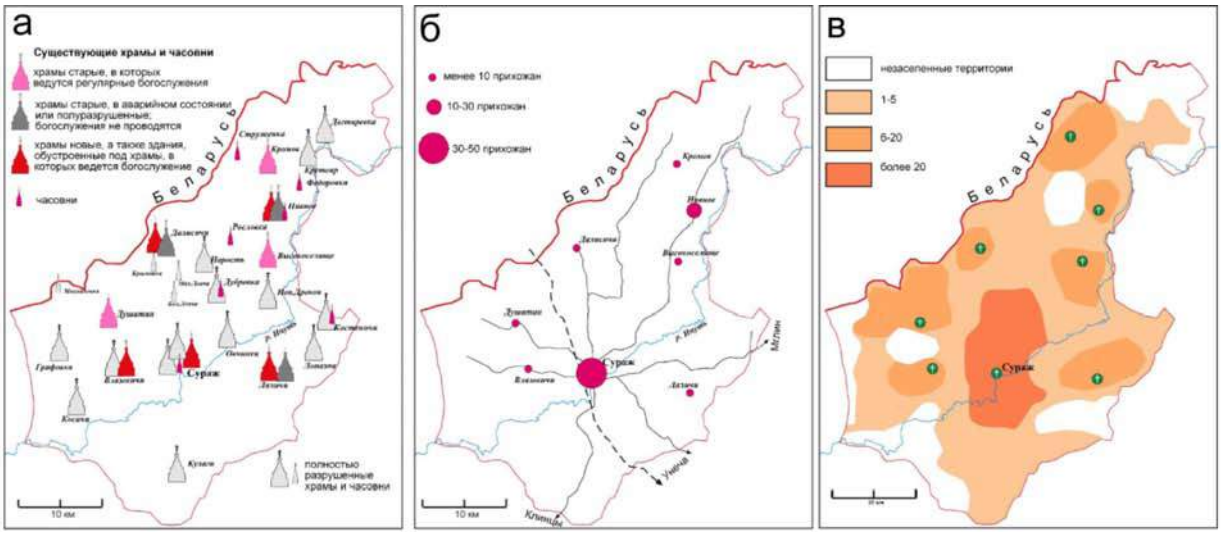


Рис. 3. Православные храмы и часовни Суражского района Брянской области (а); наполняемость храмов в воскресные дни (непраздничные) (б); количество регулярно причащающихся (в). Составлено по материалам полевых исследований
Fig. 3. Orthodox churches and chapels of Surazh district of Bryansk region (a); the filling of churches on Sundays (non-holiday) (б); number of regular Communion (в). Compiled from field research

III. **Аналитический блок атласа** представляется наиболее сложным. Главными направлениями анализа могут быть:

– Изучение взаимовлияний и связей религиозных процессов с другими компонентами и процессами – природой, экономикой и др.;

– Анализ границ и взаимоотношения ареалов с другими конфессиями;

– Анализ динамики тех или иных религиозных процессов (например, посещение храмов и участие в церковной жизни, участие церковных приходов в социальной жизни на местном уровне и др.);

– Отражение в картах уровня духовности.

По глубине привлечения других знаний и инструментария для всестороннего анализа конкретных мест и районов, которые имеют особую духовную ценность, можно выделить несколько ступеней [Гуня, 2016].

К **первой ступени** относится привлечение наиболее общей информации о картографируемом месте или регионе: местонахождение, особенности климата, растительности, хозяйственной освоенности, социально-культурные характеристики. Как правило, для отображения религиозных процессов и их «привязки» к историко-географическим условиям привлекаются карты с элементами рельефа, климата, растительности, гидрографии, хозяйства, расселения, транспорта и др. Географические условия могут меняться в течение времени. Так, места жизни многих подвижников сначала были приурочены к пустыням (в российском контексте пустыни – дремучие леса), т. е. далеко от центров активности людей. Затем эти места стали привлекательными для паломников, к ним потянулась инфраструктура, что в конечном итоге привело к изменению самого географического положения.

Ко **второй ступени** анализа относят систематическое обобщение всевозможных данных. Большие возможности емкого информационного обеспечения несут геоинформационные системы, которые послойно организуют визуализацию различных пластов информации (будь то географическая или историческая).

Третья ступень нуждается еще в большей аналитической работе. Она включает сложный процесс районирования – соотнесения и группирования похожих территорий и ареалов с близкими характеристиками. Чисто природное или социально-экономическое районирование помогает исследователю выделить типичные и уникальные характеристики регионов и местностей. Для России выделяются различные историко-культурные области, характеризующиеся своими особенностями распространения православия: Центр, Север России, Урал, Сибирь, Средняя Азия и др. Важность проведения районирования ощущается также на более мелком уровне – на уровне отдельных местностей, когда важно подчеркнуть различия в духовном освоении тех или иных мест.

Четвертая ступень анализа привлекает еще более сложные методы анализа, которые стали доступны в географии с развитием его социального крыла – социальной географии или географии человека. В отличие от третьего этапа – районирования – это упор на углубление знаний о местности через изучение поведения человека. Человек в своих предпочтениях по-своему воспринимает территорию. В одних местах наблюдается духовный рост, а в других – стагнация и даже духовный упадок. Необходим детальный социальный анализ жизни людей, выявление различных групп населения со своими предпочтениями, идентичностных особенностей тех или иных регионов и местностей, для того чтобы объяснить различия. Как правило, такие исследования еще редки, они узко локализованы, ориентированы на определенную научную задачу или практический заказ.

Пятая ступень анализа ориентируется на привлечение знаний, которые часто не имеют явной связи с географическими факторами – географическим положением, комплексом природных и социально-географических процессов. Речь идет о возможности научного анализа святых мест, феномена святости, получения благодати Божией в соприкосновении с местами, где жили подвижники, их нетленными мощами и др. В данном случае мы находимся на грани применения научного инструментария для анализа этих явлений. Ведь этот инструментарий был разработан в основном с материальных позиций. Но главный вопрос – стоит ли вообще анализировать, применяя рациональные категории, не переступаем ли мы здесь некую черту? Как представляется, нужно искать ту «золотую середину», которая присуща православию. Так, изучая распространение старчества на Руси и используя для этого простые картографические схемы, можно обнаружить четко выраженный северо-восточный вектор (Молдавия – леса центральной России, см. [Сафронов, 2005]). Конечно, это не объяснит сути самого старчества, но заставит задуматься о связях с географическими и историческими условиями. Также заставит задуматься о распространении храмов, имеющем связь с речной сетью и геолого-тектоническими структурами и линеаментами.

Картографирование может захватить места святых, почитаемых в России. Это большое вытянутое с запада на восток пространство: от Белостока в Польше (святой младенец – мученик Гавриил Белостокский) до Аляски и Сан-Франциско в Америке (святые Герман Аляскинский, Иоанн Шанхайский и Сан-Францисский). Это пространство уже выходит за границы канонического пространства РПЦ.

Эти и другие примеры изучения мест святых не смогут открыть сути святости и благодати. Но было бы непростительно не применить имеющиеся возможности визуализации к отражению пространственной картины распространения православия, мест, где наблюдается сосредоточение подвижничества, а в годы советского атеизма – мученичества.

Обобщая опыт трех блоков, из которых состоят концептуальные основы создания православного атласа России, можно подчеркнуть следующие особенности:

– В центре атласа должны стоять духовно-культурные процессы;
– Картографирование должно сочетаться с другими сферами (природой, хозяйством и населением);
– Атлас должен иметь сочетание карт на различных уровнях (вся страна, регион, локальный уровень);
– Академичность – тесная связь с научными исследованиями;
– Духовное руководство.

Исходя из этих особенностей, можно предложить следующую структуру атласа:

Часть 1. Духовно-культурное наследие и история освоения духовного пространства России;

Часть 2. Современная православная Россия;

Часть 3. Динамика духовно-культурных процессов.

Если первая часть уже имеет определенный задел (табл.), то практически с «нуля» придется работать над второй и третьей частями. При этом необходимы будут экспедиционные данные, социологические и статистические исследования. Отметим необходимость разработки методологии и обоснования показателей, которые в той или иной мере точно отражали бы уровень религиозности и духовности населения России.

В части «Современная православная Россия» важно было бы отразить такие аспекты, как:

– Оструктуренность духовного пространства («хребты» активности и «впадины», внутренние пустоты и др.);
– связь с другими сферами – природа, хозяйство, население;
– глубина (укорененность) веры.

Современное состояние в картографировании религиозных процессов в России на разных уровнях и в различных аспектах (**примеры**)
The current state of the mapping of religious processes in Russia at different levels and in various aspects (**examples**)

	Вся страна	**Регион**	**Локальный уровень**
Духовно-культурное наследие	Ряд карт в атласах, работы Г.Н. Озеровой и соавторов	Карты в некоторых региональных атласах, например, ХМАО, Поволжский округ и др.	Ряд карт, показывающих храмы и монастыри (например, карты Соловецких островов)
Современное состояние религиозных процессов	Карты религий России (например, П.И. Пучков)	Картографическая визуализация распространения отдельных религиозных объектов (в основном храмов, монастырей)	
Динамика	Преимущественно исторические работы, основанные на источниках дореволюционной давности	?	?

Эти аспекты, как это будет показано ниже, должны быть основаны на показателях, имеющих эмпирическое подтверждение. Так, глубина веры в православии характеризует конкретного человека. Но для картографической визуализации потребуется обобщение и усреднение, хотя в духовном отношении – это абсолютно недопустимое действие. Глубина веры – комплексный показатель, характеризующий участие (или неучастие) в религиозной жизни (посещение служб, исповедование, причастие и др.), включающий социальные характеристики группы людей, проживающих на определенной местности (проявление алкоголизма, количество разводов, абортов, число местных «целителей» и др.).

Пути реализации концепции предусматривают сочетание исследований на страновом, региональном и локальном уровнях (выбор тестовых регионов и разработка методологии на примере этих регионов); визуализацию статистических и других данных, собранных при проведении экспедиций; консолидацию научного потенциала и образование творческих научных коллективов.

ВЫВОДЫ

Важнейшими результатами работы над атласом могут стать:

– Инвентаризация духовно-культурного наследия России (не упустить также XX в.!);

– Отражение современного состояния, глубины и степени укорененности духовных ценностей, выявление трендов и рисков;

– Изучение связи духовно-культурных процессов (духовно-культурного пространства) с процессами в экономике, окружающей среде;

– Разработка методов работы над духовно-культурным пространством;

– Создание научной школы изучения духовно-культурного пространства.

Работа над атласом должна объединить ученых, философов и богословов. И это тоже один из важных результатов. Вопрос формирования коллектива, который мог бы работать над атласом, важнейший и наиболее проблемный в условиях недостаточного финансирования науки в России. Тем не менее представляется, что это может быть коллектив единомышленников, объединяющий ученых из разных академических и университетских центров, в первую очередь, географического факультета МГУ, Санкт-Петербурга, Института географии РАН, Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Винокурова Л.С., Зорин В.Ю., Казьмина О.Е. и др.* Карта «Религии Российской Федерации». М.: Федеральная служба геодезии и картографии России. Производственное картосоставительское объединение «Картография», 2003.

2. *Гуня А.Н.* Географический анализ территории в миссионерстве и паломничестве // Научные труды миссионерского факультета Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета. М.: ИИУ МГОУ, 2016. С. 256–259.

3. *Гуня А.Н., Ефимов А.Б.* Освоение и динамика духовно-культурного пространства России // Культурное наследие России. 2016а. № 4 (15). С. 3–9.

4. *Гуня А.Н., Ефимов А.Б.* Освоенность территории России: национально-культурные особенности и тренды // Культурное наследие России. 2016б. № 3. С. 85–91.

5. *Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С.* Анаморфозы: что это такое? М.: Эдиториал УРСС, 1999. 168 с.

6. *Ильин И.А.* О путях России // Собрание сочинений (сост. Ю.Т. Лисица). М.: Русская книга, 1996. Т. 6, кн. 2. С. 7–34.

7. *Колосов В.А., Тикунов В.С., Заяц Д.В.* Мир в зеркале средств массовой информации: использование анаморфоз в политико-географическом анализе // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2000. № 2. С. 15–27.
8. *Котова О.И.* Некоторые вопросы картографирования истории и современного состояния православия на территориях Севера и Сибири // Богословие, история и практика миссий. Альманах миссионерского факультета. Вып. 2. М.: ПСТГУ, 2014. С. 61–75.
9. *Минакир П.А., Демьяненко А.Н., Пилясов А.Н.* Концептуальные основы пространственного подхода // Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез. М.: Медиа-Пресс, 2013. С. 31–43.
10. *Озерова Г.Н., Андреева Т.А., Артемьев Ю.М., Литвинова М.В.* Первый отечественный атлас «Русская Православная Церковь: из века в век». Современное состояние и перспективы // Православие в судьбе Урала и России: история и современность. Материалы науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2010. С. 24–28.
11. *Пучков П.И.* Конфессиональная картография в России // Этнографическое обозрение. 2007. № 4. С. 37–42.
12. *Сафронов С.Г.* «География» русского православного старчества XVIII – начала XX вв. // Вестник исторической географии. Серия 3. М.: Эслан, 2005. С. 138–160.
13. Христианские святыни Кабардино-Балкарии: Справочник-путеводитель. Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых (ООО «Полиграфсервис и Т»), 2013. 176 с.
14. Religious Congregations and Membership in the United States, 2000. ASARB. Nashville, TN: Glenmary Research Center.

REFERENCES

1. Christian shrines of Kabardino-Balkaria. Guide. Nalchik: Publishing house of M. and V. Kotlyarovyh (OOO "Poligrafservis and T"), 2013. 176 p. (in Russian).
2. *Gunya A.N.* Geographical analysis of the territory in missionary and pilgrimage. Scientific works of the missionary faculty of the Orthodox St. Tikhon Humanitarian University. Moscow: IIU MGOU, 2016. P. 256–259 (in Russian).
3. *Gunya A.N., Efimov A.B.* Mastering and dynamics of the spiritual and cultural space of Russia. Cultural heritage of Russia. 2016a. No 4 (15). P. 3–9 (in Russian).
4. *Gunya A.N., Efimov A.B.* The development of the territory of Russia: national and cultural features and trends. Cultural heritage of Russia. 2016b. No 3. P. 85–91 (in Russian).
5. *Huseyn-Zade S.M., Tikunov V.S.* Anamorphosis: what is it? Moscow: Editorial URSS, 1999. 168 p. (in Russian).
6. *Ilin I.A.* On the ways of Russia. Collection of works (compiled by Yu.T. Lisitsa). M .: Russkaya kniga, 1996. V. 6. Book 2. P. 7–34 (in Russian).
7. *Kolosov V.A., Tikunov V.S., Zayats D.V.* The world in the mirror of the media: the use of anamorphosis in political-geographical analysis. Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2000. No 2. P. 15–27 (in Russian).
8. *Kotova O.I.* Some questions of mapping history and the current state of Orthodoxy in the territories of the North and Siberia. Theology, history and practice of missions. Almanac of the Missionary Faculty. Issue 2. Moscow: PSTGU, 2014. P. 61–75 (in Russian).
9. *Minakir P.A., Demyanenko A.N., Pilyasov A.N.* Conceptual bases of the spatial approach. Fundamental problems of spatial development of the Russian Federation: interdisciplinary synthesis. M.: Media-Press, 2013. P. 31–43 (in Russian).
10. *Ozerova G.N., Andreeva T.A., Artemiev Yu.M., Litvinova M.V.* The first Russian atlas "The Russian Orthodox Church: from Century to the Century". Current state and prospects. Orthodoxy

in the fate of the Urals and Russia: history and modernity. Materials of the scientific-practical conference. Ekaterinburg, 2010. P. 24–28 (in Russian).
11. *Puchkov P.I.* Confessional cartography in Russia. Ethnographic Review. 2007. No 4. P. 37–42 (in Russian).
12. Religious Congregations and Membership in the United States. 2000. ASARB. Nashville, TN: Glenmary Research Center.
13. *Safronov S.G.* "Geography" of the Russian Orthodox eldership of the XVIII – early XX centuries. Bulletin of historical geography. Series 3. M.: Eslan, 2005. P. 138–160 (in Russian).
14. *Vinokurova L.S., Zorin V.Yu., Kazmina O.E. et al.* Map of the "Religion of the Russian Federation". Moscow: Federal Service of Geodesy and Cartography of Russia. Production Cartographic Association "Cartography", 2003 (in Russian).

УДК 2-9, 528.9

Андреева Т.А.[1], Литвинова М.В.[2]

ОСОБЕННОСТИ КОНФЕССИОНАЛЬНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ И ТУРИЗМА

АННОТАЦИЯ

В статье описываются особенности конфессионального картографирования на примере картографирования Русского Православия в рамках создания научно-справочного историко-географического атласа «Русская Православная Церковь: из века в век» на кафедре картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета. Актуальность и важность темы исследования, в частности для России, связана с большим значением религии и веры в истории формирования государства, в становлении и развитии духовности и культуры. Приводится краткая история конфессионального картографирования в России и анализ его состояния сегодня. Описываются этапы и особенности разработки и создания карт, вошедших в атлас «Русская Православная Церковь: из века в век». Раскрывается характер содержания, структура и оформление конфессиональных карт. Описываются современные методы и компьютерные технологии, используемые при разработке и создании конфессиональных карт и сведении их в атласное произведение.

В результате создано около 150 оригинальных карт, вошедших в первый том атласа Русского Православия – «История высшей иерархии и епархиальное устройство», и около 200 – во второй – «Православные монастыри». Составлены базы данных епархий (более 300) и монастырей (около 3000), когда-либо существовавших в Русской Православной Церкви на канонической территории и за ее пределами.

Таким образом, раскрывается роль и значение конфессиональных карт и атласов для сохранения историко-культурного наследия и туризма. Также накопленный опыт и материал при создании атласа Православия имеет большое значение в образовательном процессе для студентов картографической и теологической направленности, в научных исследованиях по теоретическим основам атласной и исторической картографии, в научно-производственных проектах по созданию историко-культурных геопорталов и веб-ресурсов, имеющих картографические данные.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конфессиональное картографирование, атласная картография, историческая картография, Русское Православие.

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, 10-я линия В.О., д. 33–35, 199034, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **chippo_@mail.ru**

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, 10-я линия В.О., д. 33–35, 199034, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **an-lubim@yandex.ru**

Tatiyana A. Andreeva[1], Maria V. Litvinova[2]

FEATURES FAITH-BASED MAPPING FOR THE PURPOSE OF PRESERVING HISTORICAL-CULTURAL HERITAGE AND TOURISM

ABSTRACT

The article describes the features of confessional mapping on the example of mapping of Russian Orthodoxy in the framework of the scientific reference historical and geographical Atlas "Russian Orthodox Church: from century to century" at the Department of cartography and geoinformatics of St. Petersburg State University. The relevance and importance of the research topic, in particular for Russia, is associated with the great importance of religion and faith in the history of the formation of the state, in the formation and development of spirituality and culture. A brief history of confessional mapping in Russia and an analysis of its state today are given. The stages and features of the development and creation of maps included in the Atlas "Russian Orthodox Church: from century to century" are described. The author reveals the nature of the content, structure and design of confessional cards. The article describes modern methods and computer technologies used in the development and creation of confessional maps and their reduction into a satin product.

As a result, about 150 original maps were created, which were included in the first volume of the Atlas of Russian Orthodoxy – "History of the highest hierarchy and diocesan structure" and about 200 – in the second "Orthodox monasteries". Databases of dioceses (more than 300) and monasteries (about 3000) that ever existed in the Russian Orthodox Church in the canonical territory and beyond were compiled.

Thus, the role and importance of religious maps and atlases for the preservation of historical and cultural heritage and tourism is revealed. Also, the accumulated experience and material in the creation of the Atlas of Orthodoxy plays a great role in the educational process for students of cartographic and theological orientation, in scientific research on the theoretical foundations of Atlas and historical cartography, in research and production projects for the creation of historical and cultural geoportals and web resources with cartographic data.

KEYWORDS: confessional mapping, atlas cartography, historical cartography, Russian Orthodoxy.

ВВЕДЕНИЕ

Тема религии была и остается очень актуальной и важной в истории человеческого общества. Вера объединяет людей в различные конфессиональные группы со своими особенностями в богослужении и организационной структуре, предопределяя их моральные ценности и нормы поведения.

На сегодняшний день в мире насчитывается порядка 5000 религиозных вероучений (конфессий). Самыми многочисленными являются такие мировые религии, как христианство (33 % населения Земли), ислам (23 % населения Земли) и буддизм (около 7 % населения Земли). Каждая конфессия имеет свои ответвления: например, христианство – католицизм, протестантство и православие, ислам – суннизм, шиизм и ибадизм, буддизм – тхеравада, махаяна, ваджраяна.

[1] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, V.O., 10th line, 33–35, 199034, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* **chippo_@mail.ru**

[2] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, V.O., 10th line, 33–35, 199034, Saint Petersburg, Russia, *e-mail:* **an-lubim@yandex.ru**

За многовековое существование почти всех конфессий у каждой сложилась своя органичная и динамически сложная система, состоящая не только из числа верующих, но и многочисленных организаций и учреждений (храмов, церквей, монастырей) со своим историко-культурным прошлым. Таким образом, любая конфессия в целом отображает нравы, традиции и обряды своих верующих и представляет их историко-культурное наследие.

Так, для России, многоконфессионального государства, особое значение имеет самая распространенная на ее территории религия – православие (рис. 1), которое на протяжении более чем тысячи лет играло и играет ключевую роль в развитии русской культуры и государства.

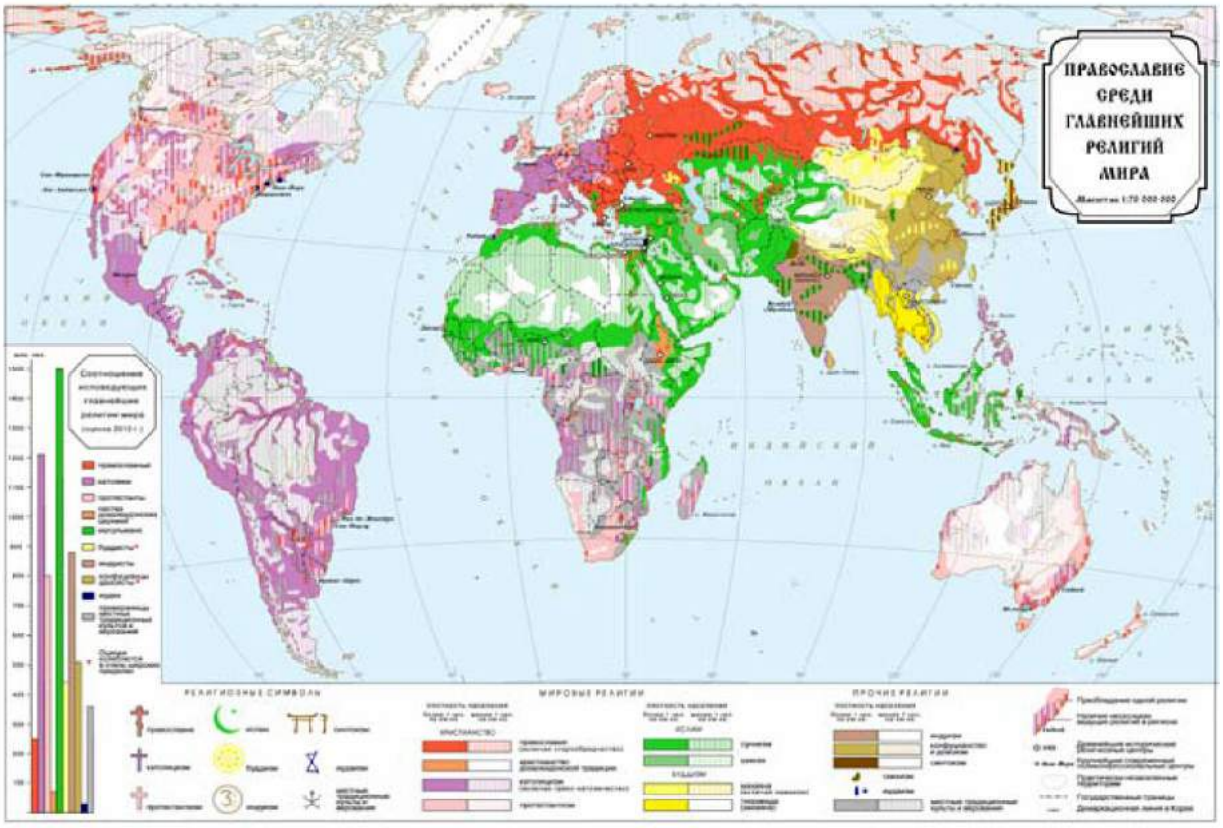


Рис. 1. Православие среди главнейших религий мира (карта из атласа «Русская Православная Церковь: из века в век»)
Fig. 1. Orthodoxy among the most important religions of the world (map from Atlas "Russian Orthodox Church: from century to century")

Крещение Руси в 988 г. было произведено с целью формирования русского государства и его укрепления. В результате на русских землях распространилась славянская кириллическая письменность, книги и грамотность, новейшие на то время строительные технологии, иконопись и фресковая живопись. Православие серьезно смягчило нравы и стало органичной частью народной жизни и государственного устройства, а также заложило основу для превращения разрозненных славянских, финских и тюркских племен в единую русскую нацию. После феодального распада страны и монгольского нашествия православие стало важнейшей силой в деле возрождения и объединения страны. Начавшееся со времен Сергия Радонежского и митрополита Алексия монастырское движение позволило окружить русские города монастырями-крепостями и провести хозяйственное освоение Русского Севера, где в прежде пустынных районах было основано множество новых монастырей (рис. 2).

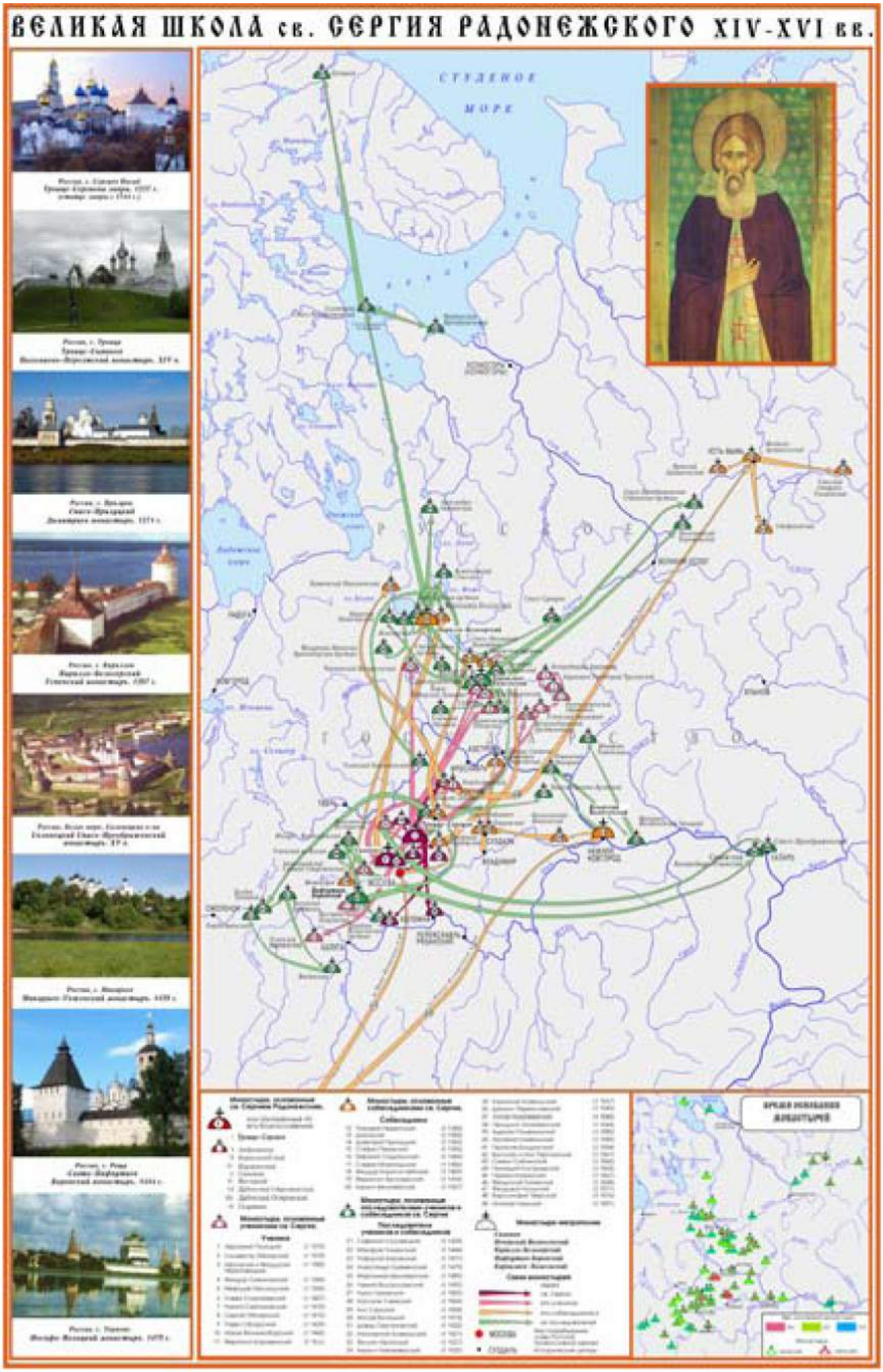


Рис. 2. Великая школа св. Сергия Радонежского XIV–XVI вв. (макет настенной карты)
Fig. 2. The great school of St. Sergius of Radonezh, XIV–XVI centuries (layout wall maps)

После падения Константинополя в 1453 г. Россия стала основным центром мирового православия. В советский период православие, наряду с другими религиями, подверглось жестоким гонениям. Были разграблены и разрушены десятки тысяч храмов, включая многие шедевры культурного наследия. После распада СССР Русская Православная Церковь пережила второе рождение – Второе Крещение Руси. Количество верующих увеличилось многократно, открылось множество храмов и монастырей – более 20 000 за период 1990–2000-х гг., т. е. более 1000 храмов в год, такие темпы строительства и восстановления храмов являются беспрецедентными в мировой истории. Русская Церковь занимает твердое первое место среди автокефальных православных церквей по количеству верующих – 164 млн человек [электронный ресурс URL: https://ruxpert.ru/Русское_православие (дата обращения: 05.03.2018)].

Таким образом, тема религии очень актуальна для России сегодня, в период возрождения, реставрации и активного развития Русской Церкви не только на территории страны, но и за ее пределами. Сотни тысяч православных русских людей разбросаны по всему миру и вера – это то, что их духовно объединяет с Родиной.

Карты, показывающие пространственно-территориальную структуру той или иной конфессии, помогут проследить историю ее развития и современное состояние, дать представление об историко-культурном наследии и масштабах распространения данной религии в мире.

Конфессиональное картографирование берет начало в Средние века с созданием в христианизированной Европе так называемых монастырских карт – картографических произведений, иллюстрировавших христианский взгляд на мир, начиная с VI–VII вв. [Багров, 2004]. В России изображения монастырей встречаются на «чертежах» XVII в., в XVIII в. количество конфессиональных объектов на карте растет, а в XIX в. создаются отдельные тематические карты: распространение религий, епархиальное деление отдельных территорий, распределение главнейших монастырей и т. д. В конце XIX – начале XX в. созданы три конфессиональных атласа: «Народонаселение Западнорусского края по вероисповеданиям» и атласы Архангельской и Казанской епархий.

Изначально конфессиональная картография считалась отраслью этнической картографии, получив признание как самостоятельная наука только в постсоветский период. Ее основателем стал выдающийся русский ученый профессор МГЛУ и академик РАЕН, дважды лауреат Государственной премии и заслуженный деятель науки РФ П.И. Пучков, который сумел дополнить географию религий этой важной прикладной дисциплиной [Силантьев, 2012].

П.И. Пучковым и его учениками создан ряд различных (бумажных, электронных и интерактивных) картографических произведений религиозной тематики и сравнительно недавно начата работа над Атласом Русской Православной Церкви, в котором будут указаны все храмы, монастыри и иные объекты Московского Патриархата в пределах России и за рубежом [Пучков, 2007; Силантьев, 2012].

На кафедре картографии и геоинформатики СПбГУ работы по созданию научно-справочного историко-географического атласа Русского Православия ведутся с конца прошлого века и по настоящее время, поддерживая его состояние на уровне современности и сопровождая ряд научных исследований в области конфессионального картографирования.

Оценивая состояние конфессионального картографирования в России в целом, следует подчеркнуть, что, несмотря на несомненные достижения в этой области, не произошло окончательного оформления этого нового тематического направления, не сложилось планомерной системы создания конфессиональных карт, не сформировалась соответствующая картографическая школа, обеспечивающая единый подход при отображении конфессиональных сюжетов. Это наблюдается в явной неравномерности конфессионально-картографической и геоинформационной обеспеченности разных территорий, а также в отсутствии устоявшихся условно-знаковых систем данной тематики.

Деятельность Русской Православной Церкви должна быть раскрыта как целостный пространственно-исторический процесс, всестороннее представление которого сделает конфессиональное картографирование активно действующим направлением тематической картографии. Это и стало основной целью авторов атласа Православия на кафедре картографии СПбГУ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Концепция, структура, технические средства, рабочий коллектив атласа в процессе своего создания претерпевали в разные годы порой даже сильные изменения, связанные в основном с внедрением компьютерных технологий, программ автоматизированного проектирования и ГИС и дальнейшим их усовершенствованием.

В начале работ перед авторами стоял ряд сложных задач, связанных с выбором пространственно-временных конфессиональных сюжетов из истории РПЦ для карт, созданием взаимоувязанных географических основ под разные временные исторические срезы, подбором программно-технических средств, верстkой и макетированием атласа, его общим оформлением, согласованием карт, выбором технологии организации работ и пр.

Выбор сюжетов и территории картографирования ориентировался на то, чтобы показать многогранность деятельности РПЦ в целом и частном в тесной взаимосвязи с историей государства и общества, а также чтобы отобразить объекты исследования на протяжении всей истории их существования. Территориальным охватом исследований стали каноническая территория РПЦ и все зарубежные государства, где существовали или ныне существуют ее канонические подразделения – епархии, приходы, монастыри, представительства, миссии, подворья. В 2007 г. произошло объединение РПЦ и Русской Православной Церкви Заграницей (РПЦЗ), и в атласе также рассматривается пространство деятельности РПЦЗ. Таким образом, исследуется полигосударственная система, состоящая из 83 государств.

Выбор временных срезов обусловлен действиями высшей иерархии по управлению Церковью и организацией ее территориального устройства в хронологическом порядке.

В табл. представлены основные временные срезы атласа.

Основной картографируемой территорией стала европейская часть бывшего СССР, именно на ней произошло зарождение и становление Русского Православия. Основными масштабами для карт европейской части России стали 1 : 10 000 000, 1 : 15 000 000, азиатской части России – 1 : 40 000 000 и всего государства – 1 : 20 000 000. Проекция – равнопромежуточная коническая.

Для отдельных карт, например Северной Америки, Австралии и мировых карт, рассчитаны свои картографические сетки, в своих масштабах, целесообразных в том или ином случае.

Основными элементами общегеографической основы стали гидрографическая сеть, политико-административные границы, населенные пункты, элементами тематической основы – сеть епархиальных границ и центры епархий.

Таким образом, была разработана система общегеографических карт, взаимоувязанных по гидрографии, государственным границам, населенным пунктам и по топонимике. Эта работа потребовала предварительных углубленных исследований многих историко-географических вопросов: изменения гидрографической сети, изменения топонимов во времени и, самое сложное, изменения государственных и епархиальных границ. Государственно-административное устройство лишь частично сопрягалось с епархиальным и стало обретать устойчивость в конце XVIII в., поэтому реконструкция епархиальных границ вплоть до конца XVIII в. была возможна лишь на основе описательных материалов.

Условно все карты атласа можно классифицировать на серии карт, блоки и отдельные (оригинальные).

Временные срезы атласа «Русская Православная Церковь: из века в век»
The time slices of the Atlas "Russian Orthodox Church: from century to century"

№	Время	Историческое событие
1	Конец X в.	Крещение Руси и образование Киевской митрополии как части Константинопольского патриархата
2	Начало XIII в.	Вторжение монголо-татарских орд, определившее резкое изменение иерархического порядка в системе православных центров и перенос митрополичьей кафедры из Киева сначала во Владимир (1299–1300 гг.), а затем – в Москву (около 1325 г.)
3	Середина XV в.	Разделение Киевской митрополии на Московскую автокефальную и Киевскую, подчиненную Константинополю, находящуюся на землях, отторгнутых от Руси Польшей и Литвой в XIII–XV вв.
4	Конец XVI в.	Введение патриаршества на Руси
5	Середина и конец XVII в.	Присоединение огромных сибирских пространств
6	Середина и конец XVIII в.	Государственные и церковные реформы Петра I, Екатерины II и Павла I и начало синодального периода
7	Середина и конец XIX в.	Миссионерская деятельность РПЦ на Американском континенте и в азиатской части страны
8	Начало XX в. (до 1917 г.)	Конец синодального периода и возврат патриаршества
9	Современный период	Время религиозных гонений и репрессий, сменившееся динамичным возрождением православной жизни

Под серией можно понимать уже сформировавшийся набор карт определенной тематики и с разработанной условно-знаковой системой. Серии карт могут быть далее классифицированы по следующим критериям: по теме-направлению деятельности РПЦ (например, епархиальное устройство или архиерейские кафедры РПЦ на тот или иной временной срез) и по времени, т. е. показывается результат деятельности РПЦ к определенной дате. Это, в частности, карты-итоги на 1914–1915 гг. – «Православные храмы (по епархиям)», «Православные монастыри», «Высшее и среднее духовное образование» и т. д.; в период 1917–1939 гг. – «Судьбы иерархов. 1918–1923 гг.», «Основные места заключения священнослужителей»; в современный период – «Приходы Русской Православной Церкви (по епархиям)», «Современное духовное образование», «Современные монастыри», «Зарубежные учреждения Московского патриархата», «Русская Православная Церковь Заграницей».

Карты той или иной серии имеют свои системы условных знаков и связываются с картами других серий и всего атласа элементами общегеографической и тематической основ, соответственно со всеми выбранными для них графическими средствами.

Под блоками карт будем понимать наборы новых карт для атласа, и такое определение может быть трактовано двояко. С одной стороны, эти карты отображают информацию на относительно современный период истории человеческого общества, а именно XX–XXI вв., с другой – их макеты были разработаны и составлены в последние один-два года и могут включать карты из разных серий, поэтому они требуют доработки содержания, графических средств и внимательного согласования с ранее составленными картами. Это,

например, карты деятельности РПЦ за рубежом на сегодняшний день (монастыри РПЦ в Европе, Австралии, Северной и Южной Америках, приходы РПЦ там же или, например, карты духовного образования и монастырей РПЦ на территории нашего государства в 1914 г., и в 2007 г., и 2018 г.).

Большим разнообразием представлены оригинальные карты, которые не попадают в серию или блоки карт (условно обозначим их как «исторические»), и они тоже должны быть взаимоувязаны и согласованы с остальными картами атласа (это, например, карты «Монголо-татарское нашествие на Русь и нападения шведов, немцев и литовцев. 1237–1260 гг.», «Продвижение русского православного населения в Сибирь в XVII в.» «Российская империя. 1725 г.», «Главные ареалы размещения эмигрантов из России в начале 1920-х гг.» и др.).

Конфессиональное картографирование является частью исторического картографирования и сталкивается с теми же проблемами, что и большая часть исторических карт, пытающихся изобразить не современное состояние территории, а расположение ныне не существующих и разрушенных объектов, точная информация о которых утрачена. Даже положение современных храмов, расположенных в основном в населенных пунктах, для своего изображения на карте требует наличия их крупномасштабных планов. Для ввода и векторизации исторического картографического материала также существует ряд препятствий, связанных как со сложностью или невозможностью получить хрупкие исторические источники для сканирования и векторизации, так и с низкой картографической точностью исторических карт по сравнению с современными картами. Практически невозможно совместить изображения современных и исторических карт. На наш взгляд, разумнее использовать современные топографические карты в качестве основы, к которой будут привязаны исторические объекты [Коновалова, 2010].

В работе над непрерывным и многоступенчатым процессом научно-технического редактирования и согласования карт атласа использовались всевозможные картографические и литературные источники. Например, Военно-топографическая карта (трехверстная), 1860–1870, карты Подробного атласа Российской Империи с планами главных городов 1871, издательства А. Ильина, Атласа Офицера 1974 г., Атласа СССР 1986 г., Большой Советской Энциклопедии 1973 г., которая также использовалась как один из литературных источников. Один из ее томов (т. 24) посвящен целиком СССР, приведенные в нем карты помогли в работе не только над картами советского периода, периода ВОВ, но и над картами других временных срезов. В работе использовались также историко-топонимический словарь Е.М. Поспелова и другие его труды [Поспелов, 1971], научно-справочные, школьные исторические карты и атласы, топографические, конфессиональные карты и пр. Этому отчасти способствовало наличие обширного материала картографического фонда кафедры.

К трудностям разработки содержания и составления каждой карты следует отнести отдельно сложнейшую и неизбежную проблему общего согласования всех карт атласа. Согласование происходит не только непосредственно по содержанию и развитию во времени, но и по выбору картографических проекций, масштабов, общегеографических основ, компоновок, графических средств (шрифтов, стилей линий и цветовых решений). Особенно важно согласование построения легенд карт: их структуры, знаковых систем, количественных шкал, формулировок, шрифтов и т. д. Необходимо также согласовывать карты, текст и общий дизайн произведения. Известно, что согласование карт – один из главных принципов комплексного картографирования. Оно обеспечивает внутреннее единство карт, отражающих территориальные межсистемные связи природных комплексов, систем расселения, отраслей экономики и экологических отношений в системе «окружающая среда – общество» [Январева, Кожухарь, 2000].

Все карты были составлены и согласованы в профессиональном программном продукте Bentley Microstation, имеющей ряд преимуществ. Программа обладает необходимыми для картографических целей средствами разделения наносимых объектов на группы по содержательному и графическому признаку, в ней представлены широкие возможности по манипулированию графическими объектами, работе с цветовыми моделями и шрифтами, библиотеками значков, имеются средства поддержания топологии объектов. Также программа имеет три открытых внутренних языка программирования, которые позволяют автоматизировать работу и создавать новые инструментальные средства, развитые возможности экспорта и изображений типографского качества, экспорт и импорт в популярные графические форматы.

Макет атласа, который определяет последовательность и место на странице текста, иллюстраций и карт, выполнен в программе PageMaker (рис. 3).

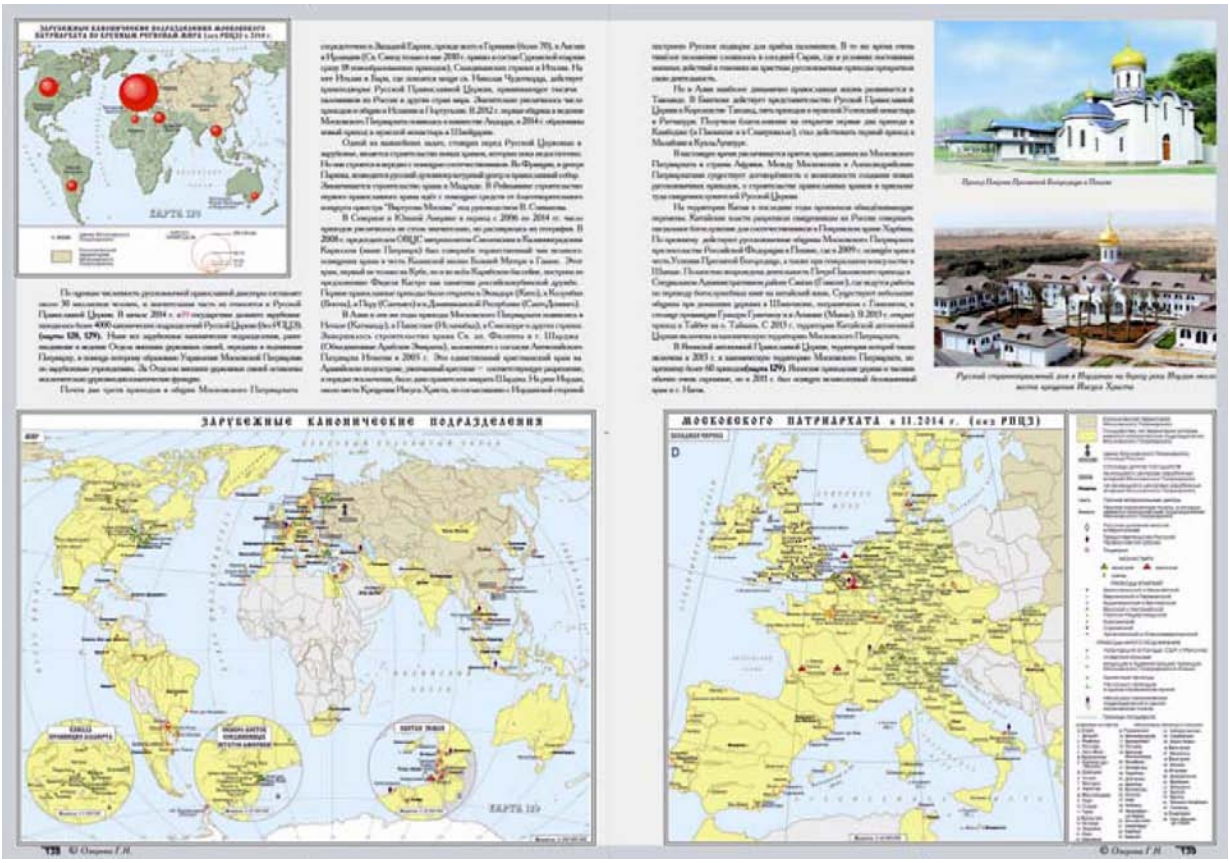


Рис. 3. Разворот макета атласа «Русская Православная Церковь: из века в век»
Fig. 3. Fragment of Atlas "Russian Orthodox Church: from century to century"

Все пространственные данные (карты) организованы по директориям, по файлам и по уровням, что является наиболее традиционным способом организации информации. Карты хранятся в папках с разными названиями (обычно содержат территорию, дату, масштаб или тему), необходимыми для быстрого обнаружения материала, и представляют собой набор разноименных файлов, каждый их которых содержит тот или иной слой информации (содержания) конкретной карты. Вся карта, как правило, представлена в файле «sborka» с расширением «.dgn», внутренним форматом программы Microstation, из которого экспортируется файл формата Encapsulated PostScript (eps), предназначенный для обмена графическими данными между различными приложениями, который и импортируется в PageMaker. Планируется перевод всех карт в формат «shp». Макет атласа будет переверстан в Adobe InDesign.

В рамках проекта, помимо ставшего сегодня уже традиционным компьютерного картографирования в программах CAD, использовались базы данных и геоинформационные системы.

Следует отметить, что хотя геоинформационные системы прямо не предназначены для замены традиционных подходов изучения истории, они позволяют более полно использовать данные. Применение средств пространственного анализа позволяет получить более «объемное» видение исследуемых исторических процессов, а также облегчает выявление определенных закономерностей и тенденций, получение в конечном итоге нового исторического знания [Владимиров, 2005; Коновалова, 2010].

Для составления баз данных было выбрано программное обеспечение Access по двум причинам: программа включена в учебно-образовательный процесс, и в ней наиболее просто конвертируются данные из электронных таблиц Excel, которые широко используются в образовании и практической деятельности.

Были разработаны отдельные тематические таблицы: по монастырям РПЦ (более 3000 объектов), по епархиям (свыше 600), каменным церквам XI–XIII вв., чудотворным иконам Божией Матери (более 150), православным церковным братствам (порядка 200), образовательным духовным учреждениям и т. д.

Каждая группа объектов имеет свой набор полей, так, например, таблица по объектам «Монастыри» включает более 25 тематических полей. Следует отметить, что эта база данных была разработана при картографировании с целью облегчения создания научно-справочного атласа, но она, как видно сейчас, также может быть использована в качестве самостоятельной ГИС.

Использование интерфейса базы данных «Монастыри» (рис. 4) предполагает много возможностей, обычно не доступных пользователю CAD, особенно благодаря наличию связей между табличными данными. Например, графический элемент, представляющий монастырь на карте, связан с именем этого монастыря, временем его образования, названием епархии, к которой он относится, числом насельников и т. д. Центральная точка и текст названия епархии связаны с другой таблицей базы данных, содержащей сведения по времени образования епархии, ее закрытия и т. д. Третья таблица связывает информацию о святынях с таблицами по монастырям и епархиям.

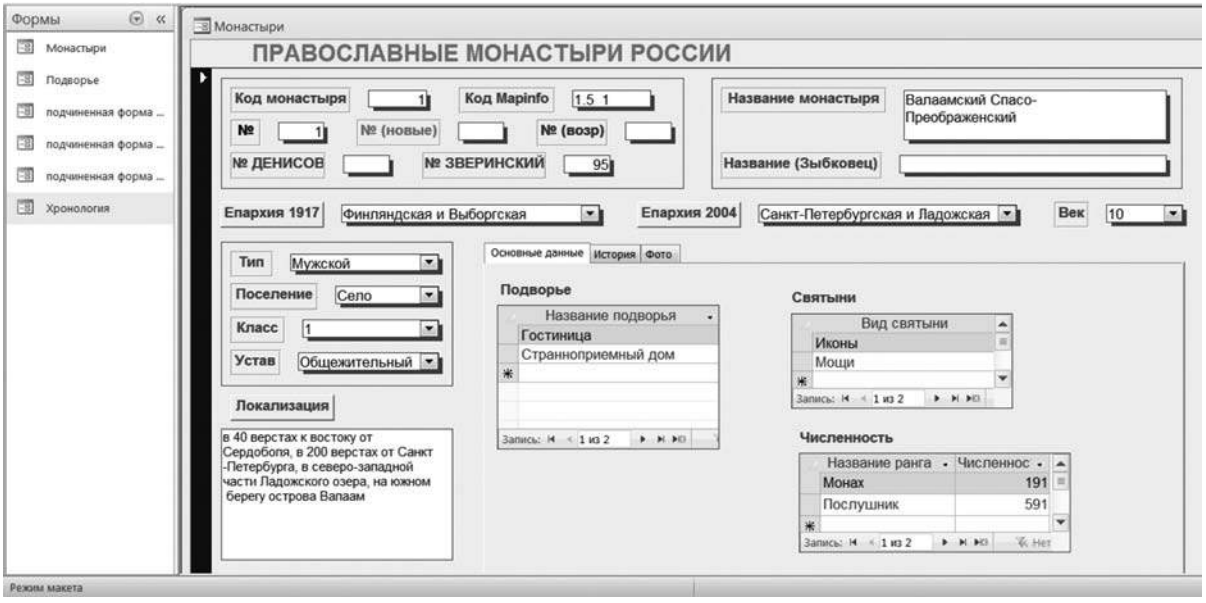


Рис. 4. База данных «Монастыри» в Access
Fig. 4. Database "Monasteries" in Access

Наличие таких многосторонних связей позволяет решать многовариантные задачи, например:

– выборочно отразить все епархии, в которых имеется число женских или мужских монастырей больше заданного ценза;

– подготовить основу для новой карты, показывающей названия всех монастырей, имеющих число насельников в пределах определенного интервала;

– отобразить монастыри, имевшие в начале XX в. чудотворные иконы конкретного иконографического типа, и т. д.

Большая часть тематических полей, содержащихся в базе данных «Монастыри», отвечает запросам создания оригинальных взаимоувязанных карт. Так, например, на основе таблицы создана и продолжает создаваться серия авторских карт следующего содержания: знаменитые монастыри, монастыри, основанные в XIII–XXI вв., секуляризация монастырей во второй половине XVIII в., ставропигиальные монастыри и др. (около 40 карт) [Озерова и др., 2015].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате многолетних научно-исследовательских трудов макет атласа «Русская Православная Церковь: из века в век» представлен в двух томах.

Первый том «История высшей иерархии и епархиальное устройство» отражает историю развития Русского Православия с момента крещения Руси до настоящего времени, имеет объем 216 страниц. Том содержит 150 оригинальных карт, около 200 иллюстраций, более 8,5 п. л. текста и таблицу «Самостоятельные епархии Русской Православной Церкви на канонической территории и за ее пределами», которая опирается на уникальную базу данных для более 300 епархий, когда-либо существовавших в Русской Церкви. Таблица указывает год образования епархии, из какой «материнской» епархии выделена, периоды существования под тем или иным названиям, смену епархиальных центров, дочерние епархии и т. д. При помощи таблицы можно определить все существовавшие епархии на любую дату.

Второй том «Православные монастыри» отражает историю и географию монастырского строительства Русской Православной Церкви на протяжении всего периода ее существования и представляет собой свод данных о ныне существующих или когда-либо существовавших православных монастырях. Общий объем тома – 176 страниц. В томе 200 оригинальных карт, около 150 иллюстраций, более 6,5 п. л. текста. Второй том увязан по стилю, объему и числу карт с первым томом.

В разработке этой фундаментальной темы решаются три основные проблемы. Первая – формирование базы данных по всем когда-либо существовавшим монастырям РПЦ с указанием адреса, пола насельников, деления на городские и сельские. По созданной базе данных возможно проследить все изменения: временные закрытия, перемещения, переходы из сельских в городские, изменение статуса (лавра, ставропигиальный, епархиальный) и т. д. В работе использовались такие источники информации, как, например, энциклопедический справочник «Монастыри» (под ред. архиепископа Бронницкого Тихона, 2000), «Материал для историко-топографического исследования о православных монастырях в Российской империи» В.В. Зверинского [Зверинский, 1890, 1892, 1897] и др. Вторая проблема – локализация монастырей (более 3000). Адреса многих монастырей утеряны, и их нужно было восстанавливать по косвенным источникам. Третья проблема – связь компьютерной базы данных с картографическими изображениями, что фактически равнозначно созданию полной географической информационной системы (ГИС) «Православные монастыри». Роль ГИС в современной науке крайне велика и продолжает возрастать с каждым годом. Постоянное, последовательное развитие географических ин-

формационных систем и поддержание высокого качества баз данных, создание мощных приложений для работы с геоданными в области изучения истории не только Православной Церкви совершенно необходимо. Кроме карт монастырского строительства по отдельным векам второй том содержит десятки дополнительных тематических карт, например, основные вехи жизненного пути великих подвижников: Сергия Радонежского, Феодорита Кольского, Нила Сорского и Иосифа Волоцкого, блок тематических карт на 1916 г. (тип устава и число насельников, класс монастырей, святыни, землевладения и т. д.). Завершением атласа является карта всех когда-либо существовавших монастырей РПЦ (рис. 5).

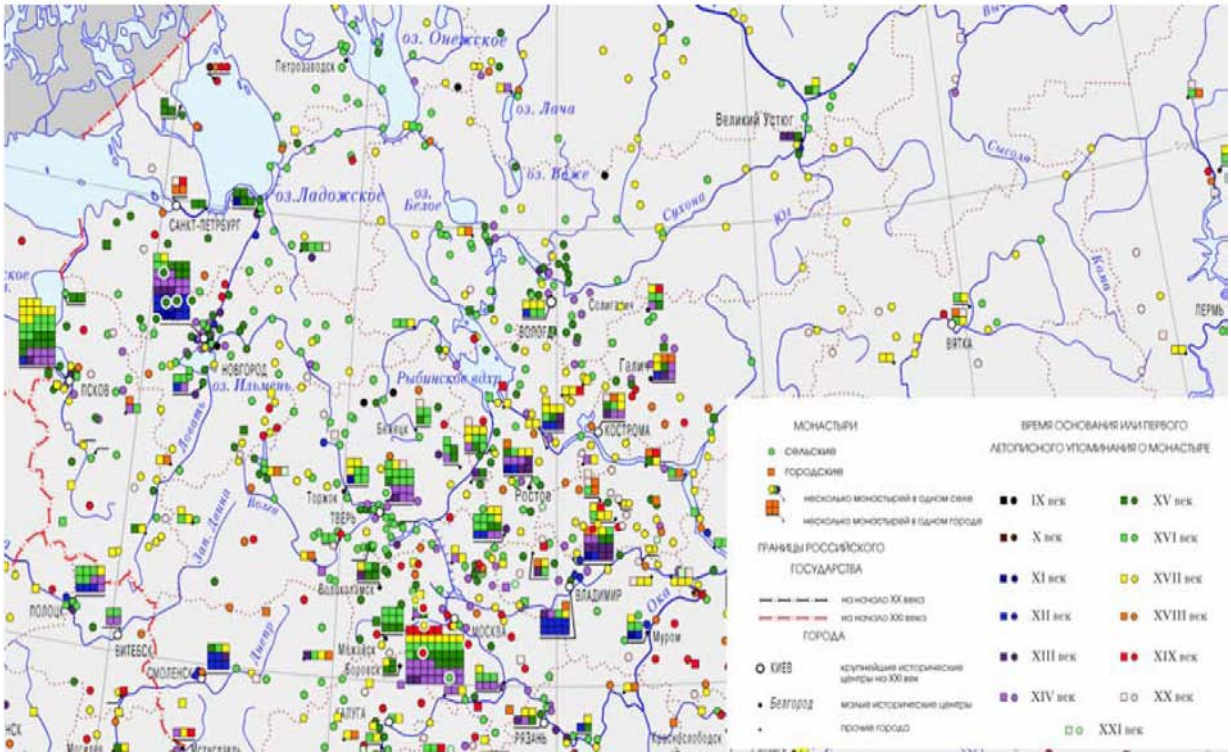


Рис. 5. Фрагмент карты «Монастыри Русской Православной Церкви
по векам основания IX–XXI вв.»
Fig. 5. Fragment of the map "Monasteries of Russian Orthodox Church in IX–XXI"

Таким образом, атлас можно считать учебником, освещающим историю Русской Церкви на протяжении X–XXI вв. Накоплена огромная база данных и графических материалов по истории развития и современному состоянию Русской Православной Церкви и ее объектов в мире: картографические основы разного масштаба на территорию России, зарубежья и мира, различные тематические слои, образно-знаковые модели, адресные карты монастырей с привязкой к базам данных и т. д.

Научно-технические наработки, материалы и карты атласа активно участвуют в учебно-образовательном процессе для студентов-картографов в рамках таких дисциплин, как картоведение, оформление и дизайн карт, а также в написании курсовых проектов, например, «Разработка и создание интерактивной карты Русской Православной Церкви за границей». Также часть карт может быть подготовлена и издана в настенном варианте (рис. 2) и использоваться в качестве учебного пособия при чтении курса истории Русской Православной Церкви как в духовных, так и в светских учебных заведениях.

Все научные исследования в работе над атласом и картами докладывались и обсуждались на научных международных конференциях. Также атлас был представлен

на историко-культурном форуме Русского мира в Великом Новгороде в 2014 г. и выиграл конкурс, благодаря которому его материалы будут вовлечены в процесс разработки и создания мультимедийного проекта Атласа Русского мира.

ВЫВОДЫ

В историко-географических исследованиях, какими и являются научные исследования в области конфессионального картографирования, обязательно необходимо наличие документированных пространственных представлений, точных, детальных и общих карт, раскрывающих всю многогранность темы религии, чтобы исключить ошибочные ментальные представления об объектах, их связях, истории и развитии событий.

Атлас Православия, его конфессионально-картографическая и текстовая наполняющая могут быть некой моделью, образцом, шаблоном для создания аналогичных произведений и исследований других конфессий.

Используя приобретенный опыт и наработки, в перспективе в сотрудничестве с другими организациями можно выполнить разработку проекта – ГИС «Религии России», обеспечивающего всестороннюю характеристику религиозной жизни многоконфессионального народа России. Централизованная и пространственно-ориентированная ГИС позволит анализировать, прогнозировать развитие различных процессов в религиозной сфере, будет способствовать развитию духовности общества, сохранению его историко-культурного наследия и развитию туризма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Багров Л.* История картографии / Пер. с англ. Н.И. Лисовой. М.: Центрполиграф, 2004. 319 с.
2. *Владимиров В.Н.* Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях. Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2005. 192 с.
3. *Зверинский В.В.* Материал для историко-топографического исследования о православных монастырях в Российской империи. Т. 1. СПб., 1890.
4. *Коновалова Н.В.* Конфессиональное картографирование // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Естественные науки. 2010. № 1. С. 5–9.
5. *Озерова Г.Н., Андреева Т.А., Литвинова М.В.* Особенности редакционно-технической работы над атласом «Русская Православная Церковь: из века в век» // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. 11–13 ноября 2015 г., Санкт-Петербург / Науч. ред. О.А. Лазебник. СПб., 2015. С. 261–267.
6. *Поспелов Е.М.* Топонимика и картография. М.: Мысль, 1971.
7. *Пучков П.И.* Конфессиональная картография в России // Этнографическое обозрение. 2007. № 4. С. 37–42.
8. *Силантьев Р.А.* Конфессиональная картография в контексте региональных исследований // Региональные исследования. 2012. № 2 (36). С. 44–46.
9. *Январева Л. Ф., Кожухарь А.Ю.* Согласование карт в комплексном электронном картографировании // Взаимодействие картографии и геоинформатики. 2000. С. 96–103.

REFERENCES

1. *Bagrow L.* History of Cartography. Moscow: Centrpoligraf, 2004. 319 p. (in Russian).
2. *Konovalova N.V.* Confessional mapping. Vestnik Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural science. 2010. No 1. P. 5–9 (in Russian).

3. *Ozerova G.N., Andreeva T.A., Litvinova M.V.* Features of editorial and technical work on the Atlas "Russian Orthodox Church: from century to century". Geodesy, cartography, geoinformatics and cadastre. From idea to application. Collection of abstracts of the International Conference on Applied Science. November 11–13, 2015, St. Petersburg / Scientific Editor: O.A. Lazebnik. SPb., 2015. P. 261–267 (in Russian).
4. *Pospelov E.M.* Toponymy and cartography. Moscow: Izdatel'stvo "Mysl", 1971 (in Russian).
5. *Puchkov P.I.* Confessional cartography in Russia. Ethnographic review. 2007. No 4. P. 37–42 (in Russian).
6. *Silantiev R.A.* Confessional cartography in the context of regional researches. Regional researches. 2012. No 2 (36). P. 44–46 (in Russian).
7. *Vladimirov V.N.* Historical Geoinformatics: geographic information systems in historical research. Barnaul: Izdatel'stvo Altai University, 2005. 192 p. (in Russian).
8. *Yanvareva L.F., Kozhukhar A.Yu.* Coordination of maps in complex electronic mapping. Interaction of cartography and geoinformatics. 2000. C. 96–103 (in Russian).
9. *Zverinsky V.V.* Material for historical and topographic study of Orthodox monasteries in the Russian Empire. T. 1. SPb., 1890 (in Russian).

УДК 528.912

Романова О.С.[1], Лазебник О.А.[2]

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОЛЛЕКЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЯКУТИИ (XVII – НАЧАЛО XX в.)

АННОТАЦИЯ

В статье освещается ход создания электронной коллекции карт Якутии – обширного региона на северо-востоке Российской Федерации, в пространственном изучении которого есть еще много «белых пятен». Создание коллекции опирается на примеры популярных электронных коллекций старых карт в открытом доступе Российской государственной библиотеки, Российской национальной библиотеки, Русского географического общества, Государственного исторического музея, а также ряда региональных отечественных и зарубежных проектов. Коллекция, включающая многоаспектную базу данных, охватывает печатные и рукописные планы, карты, атласы, а также вовлекает документы из фондов Российского государственного военно-исторического архива, Российского государственного архива древних актов, Российского государственного архива военно-морского флота, Санкт-Петербургского филиала Архива Российской академии наук, Российского государственного исторического архива, Архива внешней политики Российской Империи, Национального архива Республики Саха (Якутия), Архива Русского географического общества. Разработка коллекции носит исследовательский характер, преследует цель как систематизации известных картографических материалов, так и получения новых сведений о картографировании региона. В структуре коллекции выделены периоды: начальный период картографирования (до начала XVIII в.); время военно-морских походов, государственных и академических экспедиций, давших первые изображения северного побережья и магистральных рек на основе инструментальных наблюдений (XVIII – начало XIX в.); время редких топографических съемок внутренних просторов в составе различных экспедиций и обследований и создания обзорных общегеографических карт (XIX – начало XX в.). Коллекция показывает исторический путь пространственного изучения региона и эволюцию картографического изображения от обзорно-гипотетических представлений XVII в. до географически достоверных карт первой четверти XX вв., основанных на инструментальных наблюдениях, сведениях многочисленных экспедиций, ведомственных съемках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: старые карты, электронная коллекция карт, картографическое наследие, Якутия.

[1] Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, ул. Балтийская, д. 14, 125315, Москва, Россия, *e-mail:* **olgroma09@gmail.com**

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7/9, 199034, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail:* **o.lazebnik@spbu.ru**

Olga S. Romanova[1], Olga A. Lazebnik[2]

THE STRUCTURE AND CONTENT OF DIGITAL MAPS COLLECTION OF YAKUTIA (XVII – BEGINNING OF XX CENTURIES)

ABSTRACT

The article report the development of an electronic collection of maps of Yakutia, a vast region in the North-East of the Russian Federation, in the spatial study of which there are many "white spots". The creation of the collection is based on examples of popular electronic collections of old maps in the public domain of the Russian state library, the Russian national library, the Russian geographical society, the State historical Museum, as well as a number of regional domestic and foreign projects. The collection, which includes a multidimensional database, covers printed and handwritten plans, maps, atlases, and also involves documents from the collections of the Russian state military historical archive, the Russian state archive of ancient acts, the Russian state archive of the Navy, the St. Petersburg branch of the Archive of the Russian Academy of Sciences, the Russian state historical archive, the Archive of foreign policy of the Russian Empire, the national archive of the Republic of Sakha (Yakutia), the Archive of the Russian Geographical society. The development of the collection is of a research nature, aims at both systematization of known cartographic materials and obtaining new information about the mapping of the region. The structure of the collection highlights the periods: the initial period of mapping (to the beginning of the XVIII century); time of naval campaigns, state and academic expeditions, which gave the first images of the Northern coast and main rivers on the basis of instrumental observations (XVIII – early XIX centuries.); time of rare topographic surveys of the interior spaces as a part of various expeditions and surveys and creation of overview General geographic maps (XIX – beginning of XX centuries). The collection shows the historical path of the spatial study of the region and the evolution of the cartographic image from the review-hypothetical representations of the XVII century to geographically accurate maps of the first quarter of the XX centuries, based on instrumental observations, the data of numerous expeditions, departmental surveys.

KEYWORDS: old maps, electronic collection of maps, cartographic heritage, Yakutia.

ВВЕДЕНИЕ

Решение многих современных задач по управлению территориями, планированию их социально-экономического развития связано с использованием исторических сведений, в том числе пространственных изображений. В географическом, в частности, картографическом научно-культурном наследии прошлого есть еще немало вопросов, не в полной мере исследованных событий, фактов, результатов, привлекающих наше внимание сегодня. К числу регионов, в пространственном изучении которых есть еще много «белых пятен», следует отнести северо-восток Евразии. Именно эта часть российского государства, с одной стороны, с учетом большого стратегического значения всегда требовала изучения, с другой – была крайне сложна из-за объективных факторов – удаленности, обширности, малой заселенности, суровости природных условий и др. В современных границах большую часть региона составляет Республика Саха (Якутия), простирающаяся на площади

[1] S.I. Vavilov Institute for the History of Sciences and Technology Russian Academy of Sciences, Baltiyskaya str., 14, 125315, Moscow, Russia, *e-mail:* **olgroma09@gmail.com**

[2] Sant-Peterburg State University, Universitetskaya nab., 7/9, 199034, St. Petersburg, Russia, *e-mail:* **o.lazebnik@spbu.ru**

более 3 млн км^2 (20 % от площади всего государства), обладающая бюджето-образующими минеральными ресурсами и занимающая важное геополитическое географическое положение. Вместе с тем как современная картографическая обеспеченность, так и историко-картографическая изученность Якутии еще недостаточна: имеющиеся картографические изображения не удовлетворяют все возможные запросы общества; исследования и научные публикации историко-картографического характера не многочисленны; работы большей частью выполнялись в XX в., носили частно-детальный или, наоборот, обзорный характер; детальной проработке не подвергнуты многие фондохранилища, что вселяет надежду на возможность получения новых данных и материалов.

Для восполнения пробелов в историко-картографической изученности Якутии нами избрана технология электронного коллекционирования, позволяющая аккумулировать, систематизировать, анализировать, визуализировать большие массивы картографических изображений и сведений о них. Целью исследования является создание электронной коллекции карт, планов, атласов XVII – начала XX в., включающей интерактивную базу данных, которая охватит максимально возможное число печатных и рукописных изображений. Коллекция покажет эволюцию пространственных знаний и картографического представления обширной территории.

Создаваемая электронная коллекция станет хронологическим систематическим сводом регионального картографического наследия, формировавшегося на протяжении трех веков разными силами – служилыми людьми, военными моряками, участниками государственных и академических экспедиций, межевым, транспортным, лесным, сельскохозяйственным, горно-геологическим ведомствами, а также частными лицами. Выявление и анализ картографических изображений с установлением истории их создания и использования позволит внести вклад в фундаментальные знания по истории отечественной географии и картографии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Создание электронных картографических коллекций – относительно новый путь систематизации картографических материалов и знаний о них. Для старых карт, как правило, уникальных, с учетом проблем их сохранности и доступности, он особенно выигрышен, поскольку существенно расширяет доступ к ним широкой аудитории через системы коммуникации.

В работе мы исходим из понимания электронной картографической коллекции как систематического свода картографических изображений, раскрывающего полноту и качество пространственных знаний о регионе, истории их формирования и развития. В процессе коллекционирования важно не только выявить картографические изображения, но и установить их истории от замысла и создания до оседания в каком-либо фонде. При этом особое внимание уделяется определению авторства, организационно-технологических вопросов и источниковой базы картографирования. Обязательными компонентами коллекционирования старых карт является также выполнение формально-логических (библиографических) и структурированных историко-картографических описаний. Именно такой подход в понимании сущности коллекционирования карт придает ему системный характер и позволяет делать выводы об истинной исторической значимости конкретного картографического изображения, действий по его созданию, личного вклада отдельных персон.

Соединение в электронной коллекции собственно картографических изображений («образов карт») и разноплановых сведений о них в базе данных позволяет существенно расширить информационные возможности поиска, анализа картографических материалов.

В рамках исследования нами проведен анализ открытых электронных коллекций старых карт России. Самые крупные отечественные электронные коллекции карт созда-

ны на базе ведущих картографических фондов (репертуаров) Российской государственной библиотеки, Российской национальной библиотеки (РНБ), Русского географического общества (РГО), Государственного исторического музея (ГИМ).

На сайте РНБ[1] представлены электронные коллекции карт и виртуальные выставки, раскрывающие состав фондов, особые подборки карт и иных материалов к важным событиям [Свириденко, 2017]. На основе фондов РНБ создано несколько электронных коллекций (серия Discus Encyclopaedia), которые опубликованы на CD-дисках[2]. Также опубликована коллекция «Крымский полуостров на картах XVIII–XX веков», составленная из карт фондов РНБ, Библиотеки Российской академии наук, а также из собрания частного коллекционера С.Л. Смекалова[3].

Геопортал РГО демонстрирует коллекции исторических, топографических и специальных картографических материалов из фондов РГО и организаций-партнеров Общества. Особый интерес представляет электронная коллекция карт «Картографическая Россика», включающая 77 уникальных карт XVII–XVIII вв.[4]

ГИМ, традиционно уделяющий большое внимание картографическим материалам как в экспозициях, так в научных исследованиях, частично выставил на сайте музея коллекцию рукописных карт и планов[5].

Из региональных картографических коллекций наше внимание привлекла «Костромская коллекция карт» Костромского музея-заповедника и Костромского областного отделения РГО. В ней представлено более 700 карт XVIII–XXI вв. Коллекция включает карты не только Костромской губернии и области, но Российской Империи и мира[6].

Особое внимание мы обратили на сайт г. Зеленогорска – части Санкт-Петербурга. Он содержит коллекцию карт XVII–XX вв. (с краткими описаниями и указанием источников) на территорию Терийоки (прежде входившей в состав Финляндии, современный г. Зеленогорск Ленинградской области), а также Санкт-Петербурга и его окрестностей, Выборга, Финского залива, Карельского перешейка и других мест северо-запада современной России[7]. Сайт имеет выход на коллекцию географических и исторических карт сайта И. Гаршина, с которого можно перейти на сайт «Картографическая Rossica А. Булатова» с частной коллекцией «Гравированные географические чертежи и карты России, изданные в XVI–XVIII столетиях». Этот сайт имеет богатый и разнообразный историко-картографический материал, включающий словари, статьи автора по истории картографии[8]. Сайт И. Гаршина позволяет также перейти к зарубежным картографическим коллекциям, например, к коллекции Т. Мерилуота (Финляндия). Она включает электронные копии карт в высоком графическом качестве различных территорий, содержания и назначения от XVIII в. до наших дней, а также общую информацию о представленных картах[9].

---

[1] Российская национальная библиотека. Официальный сайт: http://www.nlr.ru/coll/cart/fond.html

[2] Северные страны на картах: XV–XX вв. – Дания, Исландия, Норвегия, Россия (северо-запад), Финляндия и Швеция. Коллекция изображений из Российской Национальной библиотеки в Санкт-Петербурге. DiscusMediaLtd, 2001. CD-ROM.

[3] *Смекалов С.Л.* Крымский полуостров на картах XVIII–XX веков. Из собрания автора, фондов Российской Национальной библиотеки и библиотеки Российской Академии наук в Санкт-Петербурге. DiscusMediaCartographers, softwareanddesign, 2004. CD-ROM.

[4] Геопортал Русского географического общества: http://geoportal.rgo.ru/

[5] Государственный исторический музей: https://www.shm.ru/kollektsii-i-muzeynyy-kompleks/nauchno-khranitelskie-otdely/otdely/otdel-kartografii/

[6] Костромская коллекция карт: http://kostromakarta.ru/

[7] Зеленогорск: http://terijoki.spb.ru/history/tpl.php?page=maps.php

[8] Картографическая Rossica Алексея Булатова: www.old-rus-maps.ru

[9] Timo Meriluodon.Vanhat Kartat: http://timomeriluoto.kapsi.fi/

Оценка электронных картографических коллекций в сети Интернет позволила нам сформировать подход и основные принципы в создании Электронной коллекции картографических изображений Якутии XVII – начала XX в. Она должна обладать следующими функциями: содержать в своей структуре на основе базы данных классифицированный каталог (перечень) картографических изображений (с возможностью поиска карт по разным формальным основаниям, в том числе через систему расширенного поиска); демонстрировать электронную копию картографического изображения в хорошем графическом качестве с возможностью увеличения/уменьшения и перемещения по карте; сопровождать карту кратким и развернутым историко-картографическим описанием (заглавие, выходные данные, физические характеристики, математические элементы, содержание, дополнительные и художественно-графические элементы, историческая справка, библиография); иметь функцию привязки старой карты к современной; давать выход на другие информационные ресурсы (например, каталог наименований географических объектов, электронные копии современных карт, словари, энциклопедии, другие электронные коллекции карт и атласов и т. д.).

С учетом исторического аспекта исследований мы придаем формируемой картографической коллекции явно хронологический характер, при этом предусматриваем для расширенного поиска группировку картографических материалов по следующим основаниям (точкам поиска): по виду изображения (рукописные, печатные); по территориальному охвату (регион как часть страны или материка, региона в целом, отдельные части региона от крупных до небольших участков, например, населенных пунктов или урочищ) и масштабу; по времени создания; по технологии создания (на основе описаний и расспросов, наблюдений, съемок, обобщения разнородных материалов и др.); по ведомственной принадлежности (академические, военно-морские, военно-топографические, гражданских ведомств, государственно-управленческие, отраслевые, частные и др.); по тематическому содержанию (общегеографические, морские навигационно-гидрографические, тематические и др.); по назначению; по фондовой принадлежности (библиотечные, архивные, ведомственные, частные).

Источниковая база создаваемой коллекции сосредоточена в фондах Российского государственного военно-исторического архива, Российского государственного архива древних актов, Российского государственного архива военно-морского флота, Санкт-Петербургского филиала Архива Российской академии наук, Российского государственного исторического архива, Архива внешней политики Российской Империи, Национального архива Республики Саха (Якутия), Архива Русского географического общества, а также Российской национальной библиотеки, Библиотеки Российской академии наук, Российской Государственной библиотеки.

По виду картографических материалов, включаемых в коллекцию, нами выделяются следующие группы:

- рукописные самостоятельные;
- рукописные в составе рукописных атласов;
- репродукции рукописных карт в печатных изданиях;
- печатные самостоятельные издания;
- печатные в составе атласов, монографий, трудов, периодических изданий.

В структуре коллекции мы выделяем несколько периодов истории картографирования региона:

– начальный период картографирования (до начала XVIII в.) – время географического ознакомления с регионом;

– период XVIII – начало XIX в. – время военно-морских походов, государственных и академических экспедиций, давших первые изображения северного побережья и магистральных рек на основе инструментальных наблюдений;

– период XIX – начало XX в. – время, когда внутренние просторы Якутской области, находящиеся в стороне от пограничных и транспортных интересов, охватывались редкими съемками военных топографов, проводившимися, в частности, различными экспедициями и обследованиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований на основе детального анализа предшествующего опыта и разработок определена структура Электронной коллекции картографических изображений Якутии XVII – начала XX в. и пути ее создания, выявлен основной массив картографических материалов. В обработке, изучении и использовании сведений о картографировании Якутии мы исходим из того, что в качестве источниковой базы следует рассматривать не только собственно картографические изображения, как результат работ, но и исходные материалы для их создания – журналы наблюдений и съемок, полевые дневники, бортовые журналы, рабочие схемы, реестры, списки, абрисы, рисунки, опросы, анкеты, расчетные таблицы, а также инструкции, официальные документы – распоряжения, приказы, переписку, в том числе частную. При обращении к документам важно, в соответствии с теорией современного исторического источниковедения, проводить оценку надежности и достоверности информационной значимости документов, принимать во внимание условия возникновения и движения источника, личностные качества авторов (творцов) информации, рассматривать прагматический, семантический и синтаксический аспекты информации.

ВЫВОДЫ

Создаваемая электронная коллекция карт Якутии как свод данных о картографическом наследии прошлого, опирающаяся на богатый, но еще не в полной мере вовлеченный в научный и публичный оборот картографический материал, покажет, насколько медленно и фрагментарно шло прирастание географических знаний и пространственных представлений об удаленном, обширном, экономически и геополитически значимом регионе Отечества.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 17-03-00840.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, No 17-03-00840.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Свириденко С.В.* Роль виртуальных выставок в популяризации картографических материалов Российской национальной библиотеки // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Сб. материалов II междунар. науч.-практ. конф. 8–10 ноября 2017 г., Санкт-Петербург. СПб.: Политехника, 2017. С. 371–379.

REFERENCES

1. *Sviridenko S.V.* The role of virtual exhibitions in the promotion of cartographic materials of the Russian national library. Geodesy, cartography, Geoinformatics and cadastre. Materials of the II Intern. Science.-prakt. Conf. 8–10 November 2017, St. Petersburg. SPb.: Polytechnic, 2017. P. 371–379 (in Russian).

УДК [930.2:528.94:39](=1.571.56-810)

Филиппова В.В.[1]

ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА ЯКУТИИ: КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭТНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена одной из наиболее актуальных тем нашей современности – вопросам сохранения уникальной культуры коренных малочисленных народов Севера, что входит в круг стратегических задач государственной политики многонациональной Российской Федерации. Республика Саха (Якутия) является одним из крупных субъектов России, где проживают 15,5 % от общей численности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока. На сегодня Якутия – пока единственный субъект Федерации, где принят региональный закон «Об этнологической экспертизе в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера Республики Саха (Якутия)». На основании опыта участия автора в нескольких этнологических экспертизах, проведенных на территории Якутии, и составленных автором карт в статье рассматривается применение картографического метода экспертизы с использованием ГИС-технологий при исследовании историко-культурного наследия в местах осуществления промышленной деятельности. В рамках статьи как пример выбран Оленекский национальный эвенкийский район, типичный для субарктической зоны республики. Картографическое обеспечение этнологической экспертизы в виде составленных тематических карт способствует наглядности пространственного размещения объектов историко-культурного наследия в отношении разрабатываемых промышленных объектов. Практика показывает, что возможны совпадения территорий намечаемой промышленной и транспортной активности с территорией, где находятся историко-культурные и сакральные объекты коренных малочисленных народов Севера. В таких случаях тематические карты могут послужить основанием для выбора альтернативных вариантов хозяйственной деятельности добывающих компаний. Картографическое сопровождение этнологической экспертизы позволяет объективно оценивать риски и угрозы для историко-культурного наследия, в целом этнокультурной среде коренных народов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картография, устойчивое развитие, историко-культурное наследие, малочисленные народы, этнологическая экспертиза, Якутия.

[1] Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН, ул. Петровского, д. 1, 677027, Якутск, Россия, *e-mail:* **Filippovav@mail.ru**

Viktoriya V. Filippova[1]

HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE OF THE INDIGENOUS PEOPLES OF THE NORTH OF YAKUTIA: CARTOGRAPHIC SUPPORT OF ETHNOLOGICAL EXPERTISE

ABSTRACT

The article is dedicated to one of the most actual topic of modern – the problem of preserving the unique culture of the indigenous small-numbered peoples of the North, which is one of the strategic tasks of the state policy of the multinational Russian Federation. The Republic of Sakha (Yakutia) is one of the largest subjects of Russia, where 15,5 % of the total number of indigenous small-numbered peoples of the North, Siberia and the Far East live such as Evenks, Evens, Yukagirs, Dolgans and Chukchi. Today Yakutia is the only region in the Russia where the regional law "Ethnological Expertise in Places of Traditional Residence and Traditional Economic Activities of Indigenous Smal-Numbered Peoples of the North of the Republic of Sakha (Yakutia)" was adopted.

In the article expertise using GIS technologies in the study of historical and cultural heritage in places where Ethnoligical Expertise was conducted. A series of thematic maps can serve as a basis for choosing an alternative option for the economic activities if territories of extracting enterprises coincidence with territory where the historical, cultural and sacred objects of the indigenous small-numbered peoples of the North are located. The created thematic maps give an opportunity to objectively evaluate the risks and threats for the ethno-cultural environment. This article provides an example of mapping the historical and cultural heritage of the Evenks of the Olenek Evenki national district.

KEYWORDS: cartography, sustainable development, historical and cultural heritage, small-numbered peoples, ethnological expertise, Yakutia.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Саха (Якутия) является единственным регионом Российской Федерации, где 14 апреля 2010 г. был принят закон «Об этнологической экспертизе в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера». В соответствии с федеральным и республиканским законодательством этнологическая экспертиза – научное исследование влияния изменений исконной среды обитания малочисленных народов и социально-культурной ситуации на развитие этноса [Федеральный Закон от 30.04.1999 № 82-ФЗ «О гарантиях прав коренных малочисленных народов Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) – Электронный доступ: http://constitution.garant.ru/act/right/180406/. Дата обращения – 23.03.2018 г.; Закон Республики Саха (Якутия) «Об этнологической экспертизе в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера Республики Саха (Якутия)» от 14 апреля 2010 года № З № 537-IV // Парламентская газета «Ил Тумэн» от 11 июня 2010 г. № 22].

Опыт проведения этнологических экспертиз в Республике Саха (Якутия) выявил несовершенство документов, регламентирующих процесс проведения этнологической экспертизы. Обнаружилась размытость критериев для отбора экспертов и методик прове-

[1] The Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Petrovskogo str., 1, 677027, Yakutsk, Russia, *e-mail:* **Filippovav@mail.ru**

дения оценки воздействия на этнологическую среду, несмотря на то, что правительством Якутии принят ее регламент. Отсутствует также логически ожидаемый общественный мониторинг выполнения рекомендаций экспертиз [Новикова, 2017].

Отметим, что существующая «Методика исчисления размера убытков, причиненных объединениям коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации в результате хозяйственной и иной деятельности организаций всех форм собственности и физических лиц в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации, утвержденная приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 09.12.2009 № 565» позволяет достаточно точно оценить хозяйственный ущерб, базовыми показателями которого являются ежегодный валовой доход, получаемый от ведения традиционной хозяйственной деятельности; временной период (срок); площадь участка земель и других природных ресурсов; коэффициент пересчета теряемого ежегодного валового дохода в упущенную выгоду. Однако данная Методика не обращается к нематериальным показателям воздействия промышленного освоения. По ней невозможно рассчитать ущерб этнокультурным и социальным компонентам среды жизнедеятельности – языку, культуре, укладу и образу жизни. Между тем именно данные аспекты несут в себе смысл этнологической экспертизы [Шадрин, 2014; Слепцов, 2015].

Исходя из этого, следует считать актуальным и практически востребованным обращение к опыту проведения этнологических экспертиз, включающих характеристики этнокультурного и социально-экономического развития малочисленных этносов в зоне влияния намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для исследования послужили существующие нормативно-правовые акты, неопубликованные и опубликованные источники, полевые материалы автора, собранные в ходе экспедиций в места проведения этнологических экспертиз. Использованы также материалы и результаты комплексных обследований локальных этнокультурных ситуаций, проведенных сотрудниками ИГИиПМНС СО РАН, которые опирались на документальные источники, социологические опросы и интервьюирование.

В Якутии формированием реестра культурно-исторических ресурсов занимаются Департамент Республики Саха (Якутия) по охране объектов культурного наследия и Министерство культуры и духовного развития РС(Я). Ведением реестра природных ресурсов, в том числе имеющих этнокультурное значение, занимаются также несколько органов исполнительной власти: Министерство охраны природы РС(Я), если объект относится к особо охраняемым объектам; Министерство по делам предпринимательства и развития туризма РС(Я) и Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии по РС(Я). Однако приходится констатировать, что предоставляемые разными ведомствами данные разнятся как по методам их выделения и классификации, так и по количеству отнесенных объектов.

Поставленная нами задача формирования общей базы данных, в частности по культурно-историческим объектам, столкнулась с недостаточностью картографо-геоинформационного обеспечения существующих реестров и отсутствием пространственно-координированной картографической информации [Захаров и др., 2017]. Это результат того, что все ведомства, за исключением Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по РС(Я), которая имеет свой геопортал, представляют данные в виде сводных таблиц в формате Excel без должного картографического обеспечения.

Для реализации картографического сопровождения кроме непосредственно картографического метода были использованы общие методы гуманитарных исследований, в частности, был проведен анализ документов родовых общин и списков объектов историко-культурного наследия. Были исследованы и проанализированы фонды местных краеведческих музеев. Нанесение на карту объектов историко-культурного наследия, у которых отсутствует описание местоположения, стало возможно при применении метода экспертных интервью с работниками музеев, улусных (районных) управлений культуры, со старожилами, с главами и членами общин. В рамках данной статьи картографический метод выступил завершающим методом исследования в разделе этнокультурной ситуации этнологических экспертиз, результатом которого явились тематические карты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом работы является картографическое обеспечение раздела «Характеристика расположения отдельных природных объектов историко-культурного наследия, мест древних поселений, мест семейных и родовых захоронений малочисленных народов и иных объектов, имеющих культурную, историческую, религиозную ценность» в рамках проведения этнологических экспертиз.

На базе собранных нами материалов были выполнены тематические карты на локальном уровне. В качестве модельного примера был выбран Оленекский эвенкийский национальный район республики, где была проведена этнологическая экспертиза, связанная с разработкой месторождений алмаза.

В реестр культурного наследия (памятников истории и культуры) МР «Оленекский эвенкийский национальный район», утвержденный Районным Советом депутатов (Суглан) муниципального района от 30 декабря 2013 г., включены 39 археологических стоянок, которые в основном расположены на берегу реки Оленек, Бол. и Мал. Куонамка. Археологические памятники каменного века, открытые на территории Оленекского улуса, учеными датируются неолитом (конец 5–2 тысячелетий до н. э.) и составляют 79,5 % от общего количества памятников.

До 1970-х гг. территория Якутии к западу от р. Лена и к северу от р. Вилюй, включая всю площадь Оленекского района, оставалась сплошным «белым пятном» на археологической карте. Имелись лишь краткие, единичные сообщения об отдельных, зачастую случайных находках, относящихся к древнейшему прошлому региона. Основные археологические исследования проводились в течение 1970–1990-х гг. В настоящее время надо констатировать факт того, что несмотря на слабое развитие транспортно-экономической инфраструктуры Оленекского района РС(Я) и предельную удаленность от центральных районов республики, объекты культурно-исторического и археологического наследия на данной территории изучены достаточно хорошо (Оценка воздействия на этнологическую среду (ОВЭС) на территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера в составе проектной документации «Технический проект отработки месторождения «Верхне-Мунское». Том 1. Часть 1 Основные решения. – Якутск: ИГИиПМНС СО РАН, 2015. С. 124).

На территории улуса имеются следующие писаницы и жертвенники позднего Средневековья (XV–XVII вв.): писаница «Тангаралах», находящийся в 320 км выше на правом берегу р. Оленек; писаница и жертвенник «Сэбэки», располагающийся в 20 км выше от местности Кирбэй, в 210 км от с. Оленек на левом берегу р. Арга-Сала; писаница и жертвенник «Куойка» в устье р. Куойка, на левом берегу р. Оленек.

Писаница «Тангаралах» был открыт отрядом Якутского республиканского отделения Общества охраны памятников истории и культуры в 1976 г. Рисунки, расположенные

в 7–10 м от меженного уреза реки, выполнены красной охрой. В отличие от большинства петроглифов Якутии, в которых тема зверя является центральной, в данной писанице нет ни одного рисунка диких животных и птиц. Уцелевшие изображения представлены тремя антропоморфными фигурами. На первой из них показано туловище человека, одевшего на голову ритуальную маску с вырезами для глаз. С правой стороны сохранилась человеческая личина, а сверху – два ряда черточек. Во второй, сильно стилизованной фигуре угадывается человек, поднявший обе руки вверх. Третья фигура уникальна для наскальной живописи Якутии. Это изображение шамана, одевшего ритуальный костюм и раскинувшего обе руки при камлании. На его костюме хорошо видны нагрудные железные подвески и пояса, внизу бахрома. Вокруг рисунка нанесено пять групп черточек (по три и семь). Внизу сохранились восемь рунообразных знаков [Архипов и др., 1977].

Писаница и жертвенник «Сэбэки» также был открыт отрядом Якутского республиканского отделения Общества охраны памятников истории и культуры в том же году. Уже тогда рисунки были плохо сохранены. По утверждению первооткрывателей писаниц, оленекские петроглифы в сюжетно-стилистическом отношении наиболее близки среднеленским и могут быть датированы эпохой железа [Архипов и др., 1977].

Для отображения писаниц и жертвенников на составленной карте применен символ в виде черного треугольника.

В районе имеются два памятника истории и культуры регионального значения, представляющие собой памятники советского периода и находящиеся в с. Оленек. Это памятник-бюст И.Е. Винокурову, видному государственному деятелю, и памятник 50-летию Советской власти. Данные объекты на карте обозначены через красную окружность.

Из памятников местного значения на территории рассматриваемого района имеются:

– 11 дохристианских наземных воздушных захоронений – арангасы и холбо XVIII – начала XIX в., обозначаемые на составленной карте в виде фиолетового пятиугольника;

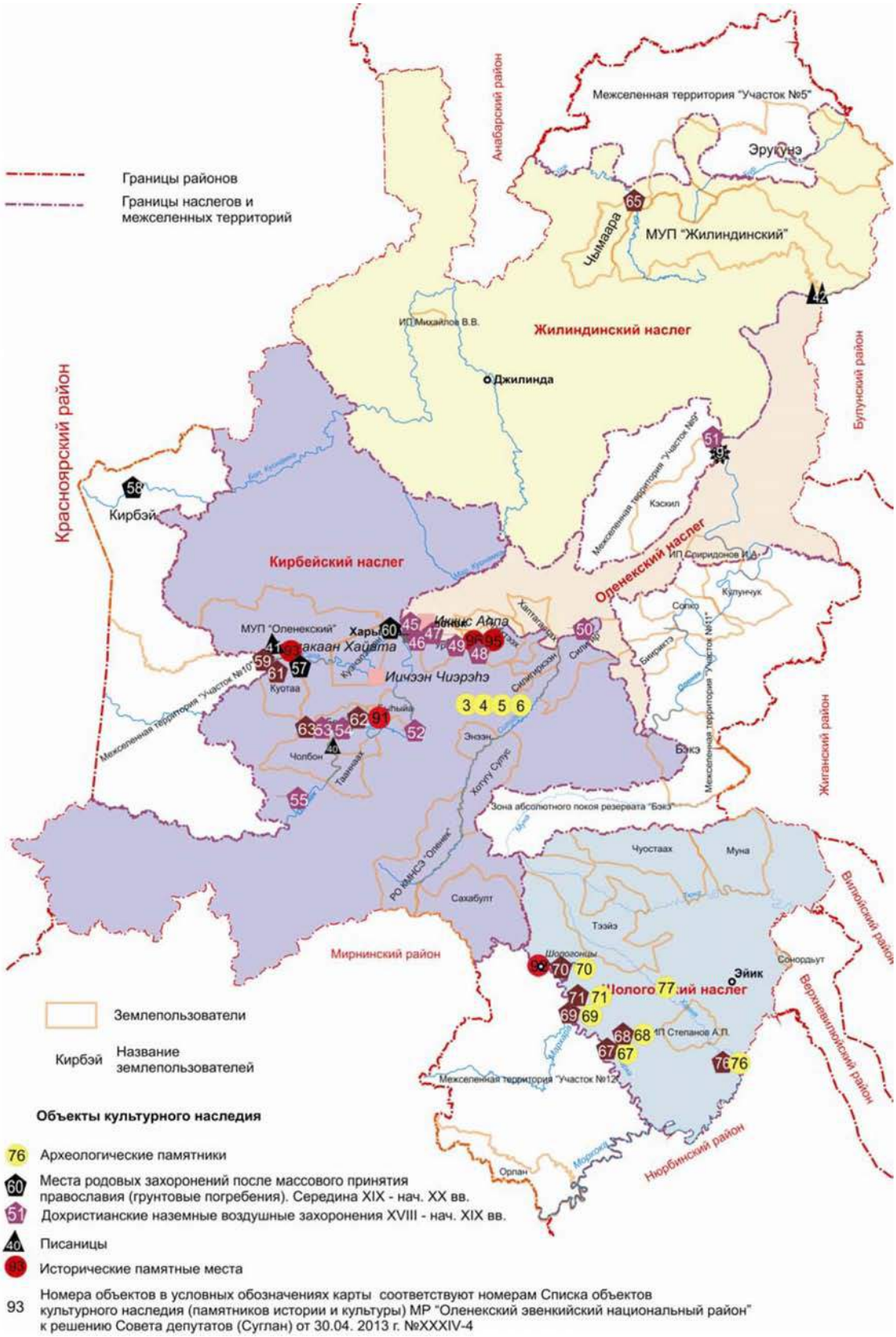
– 22 мест родовых захоронений после массового принятия православия (грунтовые погребения), датируемые серединой XIX – началом XX в., нанесены на карте пятиугольниками черного цвета;

– 14 памятников истории местного значения, такие как обелиски, мемориальные доски, стелы и памятники. Данные памятники, как и памятники истории и культуры регионального значения, обозначены в виде красного круга;

– 10 местностей и памятные места, связанные с историческими событиями. В эту же группу отнесен музей под открытым небом «Арааан», находящийся в местности «Батыйалаах» в 6 км ниже по течению от с. Оленек, и Площадь Оленевода, расположенная в с. Харыялах.

Большинство историко-культурных объектов Оленекского района имеют точечную локализацию и нанесены способом внемасштабных значков. Условные обозначения данных объектов по форме ассоциируются с объектами на местности – с культурными и историческими объектами. Нумерация объектов историко-культурного наследия Оленекского эвенкийского национального района соответствует их очередности в вышеуказанном Реестре культурного наследия (рис.).

Разработанная карта наглядно показывает неравномерное размещение культурно-исторических объектов. Анализ составленной карты показал, что имеется два ареала концентрации историко-культурных объектов. Первый ареал охватывает долины р. Оленек, Арга-Сала и Силигир, а второй ареал – р. Мархa, р. Мархара и р. Ханя. Ареалы концентрации памятников историко-культурного наследия намного шире современных районов расселения населения, что соответствует хронологии заселения и освоенности территории данного района коренным населением.



Карта объектов историко-культурного наследия Оленекского эвенкийского национального района (составлено В.В. Филипповой)
Map of historical and cultural heritage of Olenekskiy Evenkiyskiy National District (compiled by V.V. Filippova)

ВЫВОДЫ

Составленная карта историко-культурного наследия может быть использована при разработке программ комплекса мер, в том числе компенсационных, по обеспечению устойчивого развития мест традиционного проживания и хозяйственной деятельности малочисленных народов Севера. Системная охрана и защита культурного, в том числе нематериального, наследия любого этноса, содействие его сохранности и устойчивости должны быть неотъемлемой частью современного промышленного освоения. Аналогичные локальные карты историко-культурного наследия могут служить основой для оценки рисков и угроз для среды жизнедеятености коренных народов России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов Н.Д., Романов П.Н.* Наскальные рисунки Оленёка // Археологические открытия 1976 года. М., 1977. С. 188–189.
2. *Захаров М.И., Саввинова А.Н., Филиппова В.В.* Картографическое обеспечение раздела «Культурно-исторические объекты» реестра туристских ресурсов для сохранения культурного наследия Республики Саха (Якутия) ИнтерКарто/ИнтерГИС-23. Т. 23 (2017), ч. 2. С. 26–33. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23.
3. *Новикова Н.И.* Этнологическая экспертиза в Российской Федерации: правовые основания и перспективы для коренных народов // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2017. № 3 (13). С. 4–20.
4. *Слепцов А.Н.* Государственная этнологическая экспертиза Республики Саха (Якутия) // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2015. № 1 (4). С. 19.
5. *Шадрин В.И.* Этнологическая экспертиза в Якутии // Этнополитическая ситуация в России и сопредельных государствах в 2013 году. Ежегодный доклад Сети этнологического мониторинга и раннего предупреждения конфликтов. М.: ИЭА РАН, 2014. С. 331–337.

REFERENCES

1. *Arkhipov N.D., Romanov P.N.* Rock paintings of Olenek region. Archaeological discoveries in 1976. M., 1977. P. 188–189 (in Russian).
2. *Novikova N.I.* Anthropological Expert Review in Russian Federation: legal grounds and prospects for indigenous people. Arctic XXI century. Humanitarian Sciences. 2017. No 3 (13). P. 4–20 (in Russian).
3. *Slepsov A.N.* The State Ethnologic Examination in The Republic of Sakha (Yakutia). Arctic XXI century. Humanitarian Sciences. 2017. No 3 (13). P. 4–20 (in Russian).
4. *Shadrin V.I.* Ethnological expertise in Yakutia. Ethnopolitical situation in Russia and neighboring countries in 2013. Annual report of the Network for Ethnological Monitoring and Early Warning of Conflict. Moscow: IEA RAS, 2014. P. 331–337.
5. *Zakharov M., Savvinova A., Filippova V*. Cartographic support of the section "Cultural-Historical Objects" of the registry of touristic resources for preserving the cultural heritage of the Republic of Sakha (Yakutia). DOI: http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2017-2-23. InterCarto-InterGIS-23. V. 23 (2017). Part 2. P. 26–33 (in Russian). DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23.

УДК 796.5: 528.9

Штельмах Е.П.[1], Гуня А.Н.[2]

ГИС ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ В ЛАНДШАФТАХ РАЗЛИЧНОЙ ОСВОЕННОСТИ

АННОТАЦИЯ

В программе социально-экономического развития Адыгеи одной из ведущих обозначена туристско-рекреационная отрасль. Научное обоснование стратегии развития отрасли опирается на оценку современного состояния рекреации на территории и определение перспектив ее развития. В работе представлены результаты анализа возможности комплексного рекреационного освоения региона и результаты районирования – выделения перспективных территориальных рекреационных систем (ТРС), отличающихся благоприятностью природных условий и факторов развития рекреационной сферы.

Высокий вес природных критериев в комплексной оценке и районировании рекреационных ресурсов Адыгеи, сложность и многогранность сочетаний этих критериев обусловили необходимость выбора ландшафтной основы как пространственно-временной системы, определяющей структуру рекреационного пространства. Ландшафтно-экологический подход в рекреационном районировании в сочетании с геоинформационными методами способен обеспечить оперативное управление координированной информацией и ее актуализацию, оценку рекреационных ресурсов региона до уровня местоположений и муниципальных образований.

Для обеспечения многоаспектного вовлечения туристических ресурсов в экономическую жизнь региона произведена комплексная оценка его рекреационного потенциала и выделена иерархия принадлежащих ему ТРС. Рассмотрены составляющие оценки актуальной и перспективной освоенности рекреационных ресурсов региона в целях поддержки устойчивого и диверсифицированного использования. Произведена ландшафтно-экологическая оценка туристско-рекреационного потенциала горного региона и классифицирована иерархия территориальных рекреационных систем. Информационная составляющая ресурсов рекреации включает блоки: природно-экологический, объекты рекреации, социально-культурный, инфраструктуры гостеприимства, объектов и мероприятий познавательного и развлекательного характера, сведения о турфирмах. Структура базы данных поддерживает послойную организацию координированных данных, обеспечивающую поиск объектов и их картографическую визуализацию. Все собранные по ресурсам данные могут быть дифференцированы как по видам, так по обозначенным поисковым параметрам. Атрибутивная характеристика каждого объекта рекреации содержит около 10 позиций, характеризующих его государственный статус, специализацию, параметры рекреационной значимости, допустимые нагрузки, обеспеченность инфраструктурой обслуживания и т. д. На основании интегральной оценки селективных и локализующих факторов выделена иерархия ТРС Адыгеи по специализации и концентрации туристско-рекреационных объектов, по благоприятности природных условий ландшафтов и качеству инфраструктуры рекреации.

---

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет», ул. Первомайская, д. 208, 385000, Майкоп, РА, Россия, *e-mail:* **lenoragy@yandex.ru**

[2] Институт географии РАН, Старомонетный переулок, 29, 119017, Москва, Россия, *e-mail:* **gunyaa@yahoo.com**

Геоинформационная система актуальной и перспективной освоенности рекреационных ресурсов региона повышает эффективность управления отраслью в результате выявления экономической целесообразности вовлечения в рекреационное использование перспективных ТРС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рекреационная освоенность, оценка рекреационной освоенности, ГИС мониторинга рекреационной освоенности региона.

Elena P. Shtelmakh[1], Alexey N. Gunya[2]

GIS OF SUPPORT OF DEVELOPMENT OF TOURIST AND RECREATIONAL BRANCH IN LANDSCAPES OF VARIOUS DEGREES OF MANAGEMENT

ABSTRACT

The tourist and recreational branch takes the leading place in the Program of social and economic development of Adyghea. Scientific justification of the development strategy of the branch bases on assessment of the current state of a recreation on territories and prospects of its development. The work presents the results of the analysis of a possibility of complex recreational development of the region and the results of division into districts – allocation of the promising territorial recreational systems (TRS) differing in usefulness of an environment and factors of development of the recreational sphere.

We assess the current state of a recreation on the territory and determine prospects of its development by analyzing a possibility of complex recreational development. For division into districts, we allocate the territorial recreational systems (TRS) differing in specifics of an environment and factors of development of the recreational sphere.

The high value of natural criteria in complex assessment and division into districts of recreational resources of Adyghea, the complexity and versatility of combinations of these criteria have caused need of the choice of a landscape basis as the spatial-temporal system defining structure of recreational space. The landscape ecological approach in recreational division into districts in combination with geoinformation methods is capable to provide operational management and actualization of coordinated information and assessment of recreational resources of the region to the level of locations and municipal units.

To ensure multidimensional involvement of tourist resources in economic life of the region, we have made a complex assessment of its recreational potential and marked out the hierarchy of TRS belonging to it. We examined components of assessment of relevant and perspective management of recreational resources of the region for support of sustainable and diversified management. We have made the landscape and ecological assessment of tourist and recreational capacity of the mountain region and classified the hierarchy of territorial recreational systems. Information component of recreation resources encompasses the following blocks: natural and ecological, recreation objects, social and cultural, infrastructure of hospitality, objects and actions of informative and entertaining character and data on travel agencies. The structure of the database supports the layer-by-layer organization of coordinate data providing search for objects and their cartographical visualization. We differentiated all the collected data on recreational resources both by types and by the designated search parameters. The attributive characteristic of each object

[1] Federal State Budget Educational Institution of the Higher Education "Adyghe State University", Pervomayskaya str., 208, 385000, Maykop, Adyghea Republic, Russia, *e-mail:* **lenor-agy@yandex.ru**
[2] Institute of Geography RAS, Staromonetny lane, 29, 119017, Moscow, Russia, *e-mail:* **gunyaa@yahoo.com**

of recreation contains approximately 10 positions characterizing its state status, specialization, parameters of the recreational importance, a permissible load, service infrastructure, etc. Using the integrated assessment of the selective and localizing factors, we distinguished the hierarchy of TRS of Adyghea by specialization and concentration of tourist recreational facilities, by profitableness of an environment of landscapes and by quality of infrastructure of recreation.

The geographic information system of relevant and promising development of recreational resources of the region increases effective management of branch as a result of identification of economic feasibility of involvement in recreational use of perspective TRS.

KEYWORDS: recreational development, assessment of recreational development, GIS of monitoring of recreational development of the region.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия развития рекреационной сферы староосвоенных регионов, к которым относится Адыгея, заключается в оптимизации и дальнейшем совершенствовании исторически сформировавшейся инфраструктуры рекреационного освоения в интересах гибкого и полифункционального социально-экономического развития в условиях сложившейся социокультурной системы. Конечной целью такой стратегии является обеспечение возможностей для экономически целесообразного освоения пространственно дифференцированных рекреационных ресурсов региона всеми видами предпринимательства.

Оценка современного состояния рекреации на территории и определение перспектив ее развития производится в результате анализа возможности комплексного рекреационного освоения и для районирования – выделения территориальных рекреационных систем (ТРС), отличающихся спецификой траекторий освоения в соответствии с благоприятностью природных условий и других факторов развития рекреационной сферы.

Освоение связано с процессом взаимодействия человека и природы. Долгое время термин «освоение» понимался как освоение природных ресурсов и условий для социально-экономического развития. Так, Н.Б. Култашев под освоением территории понимает совокупность общественно организованных видов деятельности, направленных на преобразование природной среды. Многими авторами (Э.Б. Алаев, К.П. Космачев и др.) освоенность территории рассматривается как насыщенность территории объектами и видами хозяйственной деятельности.

На рубеже XX и XXI вв. вместо экстенсивного более актуальным стало интенсивное освоение территорий. Современное освоение территории должно учитывать структуру ландшафтов – как морфологическую, так и временную. Оценка освоенности ландшафтов должна быть тесно связана со встроенностью объектов освоения в ландшафтную структуру и укорененностью в местные социально-культурные условия [Гуня, 2008].

Туристско-рекреационное освоение – процесс взаимодействия человека и ландшафта, направленный на вовлечение ресурсов и условий ландшафта в хозяйственную и культурную сферу деятельности человека, развитие его духовно-культурного потенциала. Туристско-рекреационная освоенность территории является одним из важных итогов взаимоотношения человека и ландшафтов и отражает степень вовлеченности ресурсов и условий ландшафта в жизнь людей.

Существуют различные подходы к выбору факторов формирования территориальных рекреационных систем (ТРС) стратегического освоения [Долженко, 1996].

При мелкомасштабном анализе освоения территории для выявления основных районов развития рекреации оправдан выбор двух основных факторов: фактора вовлечения (рекреационной привлекательности) и фактора распределения (качества услуг)

[Долженко, 1996]. Крупномасштабное районирование с выделением точек роста рекреационной специализации и обоснованием условий, лимитирующих и способствующих освоению, производят по следующим трем факторам [Теоретические основы…, 1975]:

– селективные – определяют целесообразность формирования ТРС с позиции наличия спектра рекреационных ресурсов и состояния социокультурной системы;

– локализующие – ограничивают площади объектов интереса рекреационной деятельности;

– реализующие – включают коммуникационные и материально-технические аспекты рекреации.

Такой подход является актуальным для обоснования стратегии наиболее полного и диверсифицированного освоения территории туристско-рекреационной отраслью, так как объединяет физико-географические и экономико-географические методы оценки ресурсно-рекреационного потенциала. Это позволяет районировать территорию по полному спектру специализаций ее рекреационного освоения в рамках экологического, этнографического, сельскохозяйственного, познавательного, оздоровительного, тренирующего и прочих видов туризма.

Дальнейшая перманентная оценка востребованности в соответствии с изменчивой конъюнктурой рынка туруслуг позволит актуализировать приоритеты в развитии конкретных аспектов сферы туризма в регионе. Осуществление мониторинга степени освоенности и актуальной востребованности туристско-рекреационного пространства возможно на основе каркасного подхода, предложенного, в частности, для Алтае-Саянского региона [Теоретические основы…, 1975]. На этом уровне оценки освоенности туристско-рекреационного потенциала региона достаточно определения уровня насыщенности видами и объектами туристско-рекреационной деятельности, инфраструктурой и потоками туристов.

Для обоснования экономических рычагов развития отрасли и экологических регламентов, для разработки инвестиционных программ в рекреационной экономике необходима систематизированная пространственно координированная информация. Научно-информационное обеспечение полифункционального освоения рекреационных ресурсов региона имеет сложную структуру больших массивов пространственных данных. Систематизация, анализ и управление данными производится с использованием геоинформационных технологий и баз данных.

Традиционно активное развитие рекреационно-туристской отрасли в республике обусловлено выгодным географическим положением, благоприятностью природно-климатических условий, многочисленностью уникальных природных объектов, богатым культурно-историческим и этнокультурным наследием, наличием бальнеологических ресурсов. Вместе с тем на территории Адыгеи частично освоены горный, бальнеологический и в последние годы экологический виды рекреационной деятельности. Для обеспечения многоаспектного вовлечения туристических ресурсов в экономическую жизнь региона необходима комплексная оценка его рекреационного потенциала и выделение иерархии принадлежащих ему ТРС.

Высокий вес природных критериев в комплексной оценке и районировании рекреационных ресурсов Адыгеи, сложность и многогранность сочетаний этих критериев обусловили необходимость выбора ландшафтной основы как пространственно-временной системы, определяющей структуру рекреационного пространства. Ландшафтно-экологический подход в рекреационном районировании в сочетании с геоинформационными методами способен обеспечить оперативное управление координированной информацией и ее актуализацию, оценку рекреационных ресурсов региона до уровня муниципальных образований и местоположений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве базовых материалов в работе использовались статистические данные, картографические источники (карты Атласа Республики Адыгея, 2005), фондовые материалы, характеризующие туристскую и рекреационную активность, собственные полевые материалы по ландшафтному картографированию и профилированию, а также статистические данные исполнительных органов государственной власти Республики Адыгея и их подведомственных организаций.

Определение ценности рекреационного пространства для освоения производится поэтапно. На первом этапе выявляется иерархия пространственных единиц, границы которых, лимитируемые градациями критериев благоприятности природно-экологических факторов, соответствуют границам вмещающих ландшафтных образований. На втором этапе в результате комплексной оценки рекреационных ресурсов выявляются категории ТРС, построенные по аналогии с генетической пространственной матрицей Г.Д. Костинского [1997]. В соответствии с этим определяется рекреационное место, или частное, а вмещающее общее рекреационное пространство (регион) дифференцировано на рекреационный ландшафтный мезорайон (тип ландшафта) – целое и рекреационный ландшафтный район (комплекс видов ландшафтов) – его часть.

Геопространственная основа структуры данных – иерархия единиц ландшафтной организации горной пространственно дифференцированной территории – содержит атрибуты индикаторов (селективных и локализующих факторов) сравнительной покомпонентной оценки рекреационной ценности природно-экологических условий, насыщенности туристско-рекреационными объектами и реализующих факторов уровня развития инфраструктуры рекреации (рис. 1).

Рис. 1. Составляющие оценки ландшафтов по факторам рекреационной ценности
Fig. 1. Components of landscape assessment by factors of recreational value

Объекты интереса туристско-рекреационной отрасли подразделяются на два блока по природному происхождению и историко-культурному значению, в каждом из которых создается дерево классификации предметной принадлежности объектов.

Сравнительная оценка туристско-рекреационных ресурсов ландшафтной организации территории производится по селективным факторам потенциала освоения по ступенчатой шкале. По трехбалльной шкале оценивается каждый целевой индикатор, относящийся как к природно-экологическим и социально-экономическим условиям, так

и к классифицированным объектам интереса туристско-рекреационной отрасли. Последующая интегральная оценка в баллах определяет ранг и перспективность рекреационного освоения единицы ландшафтной организации территории. Такой подход позволяет произвести как общую оценку туристско-рекреационных ресурсов территориальной единицы, так и выбор локализующих индикаторов оценки актуальной и перспективной освоенности для конкретных видов туристско-рекреационной деятельности.

Характеристики оценки рекреационного потенциала структурированы в оценочные матрицы. В матрицы включены следующие типы рекреации: лечебно-оздоровительный, познавательный, научный, спортивный, спортивно-приключенческий, курортно-бальнеологический, историко-этнографический, экологический. В каждом из выделенных типов рекреации оценочная матрица составляется отдельно для зимнего и летнего отдыха, имеющих свою специфику при оценке рекреационного потенциала. Все характеристики подразделены на факторы, активизирующие тот или иной вид рекреации и локализующие его. К последним факторам отнесены как характеристики благоприятности природных условий ландшафтов и их экологического состояния, так и актуальные данные по показателям деятельности турфирм и санаторно-курортных образований.

В результате выделяется иерархия ТРС в качестве единиц ландшафтной организации территории, ранжированных по благоприятности туристско-рекреационного освоения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Иерархия ТРС выявлялась в результате поэтапной оценки структуры ландшафтной организации региона по селективным, локализующим и реализующим факторам их рекреационной ценности (рис. 2).

По актуальной и перспективной освоенности дифференцированы ТРС первого иерархического уровня в качестве ландшафтных мезорайонов: равнинная, предгорная и горная рекреационные зоны.

Наиболее низкими значениями концентрации объектов туризма, разнообразия спектра специализации и инвестиционной привлекательности отличается равнинная часть республики. Равнинная рекреационная зона наиболее насыщена объектами сферы обслуживания и социально-культурного назначения, но отличается средней и слабой аттрактивностью ландшафтов. Рельеф плоско-волнистый, эрозионно-расчлененный. Ресурсы гидросферы – теплые малые реки и пруды с температурным режимом купания +23 °С, с глинистым типом дна водоемов и низким качеством воды. Комфортные погодные дни в сезон составляют 70–80 %. Луговые степи и дубравы сохранились на локальных участках. Территория повсеместно занята сельхозугодьями. Животный мир разнообразен, встречаются краснокнижные, редкие, эндемичные и реликтовые, а также охотничье-промысловые виды: выдра кавказская, европейская норка, кабан. Близкое положение г. Краснодара обусловливает довольно густую сеть автодорог, в том числе федерального значения, что делает район транспортно доступным для притока туристов. Равнинная зона интересна с точки зрения формирования туристических направлений, базирующихся на спортивной рыбалке, спортивной охоте и этнографии. Возможен научно-познавательный и лечебно-оздоровительный туризм. Развиты адыгские народные промыслы: шитье адыгских национальных костюмов; золотое шитье; изготовление народных инструментов: шыкIэпщын, къамыл, къэбпщын и национальных свадебных атрибутов из дерева.

Для предгорной зоны характерна высокая аттрактивность ландшафтов. Рельеф увалистый, пересеченный, эрозионно-расчлененный. Изобилуют памятники природы, отражающие историю геологической эволюции земной поверхности: скалы, пещеры, ущелья, эскарпы. Природные рекреационные ресурсы предгорной зоны включают также бальнеологические ресурсы и имеют высокий рекреационный потенциал.

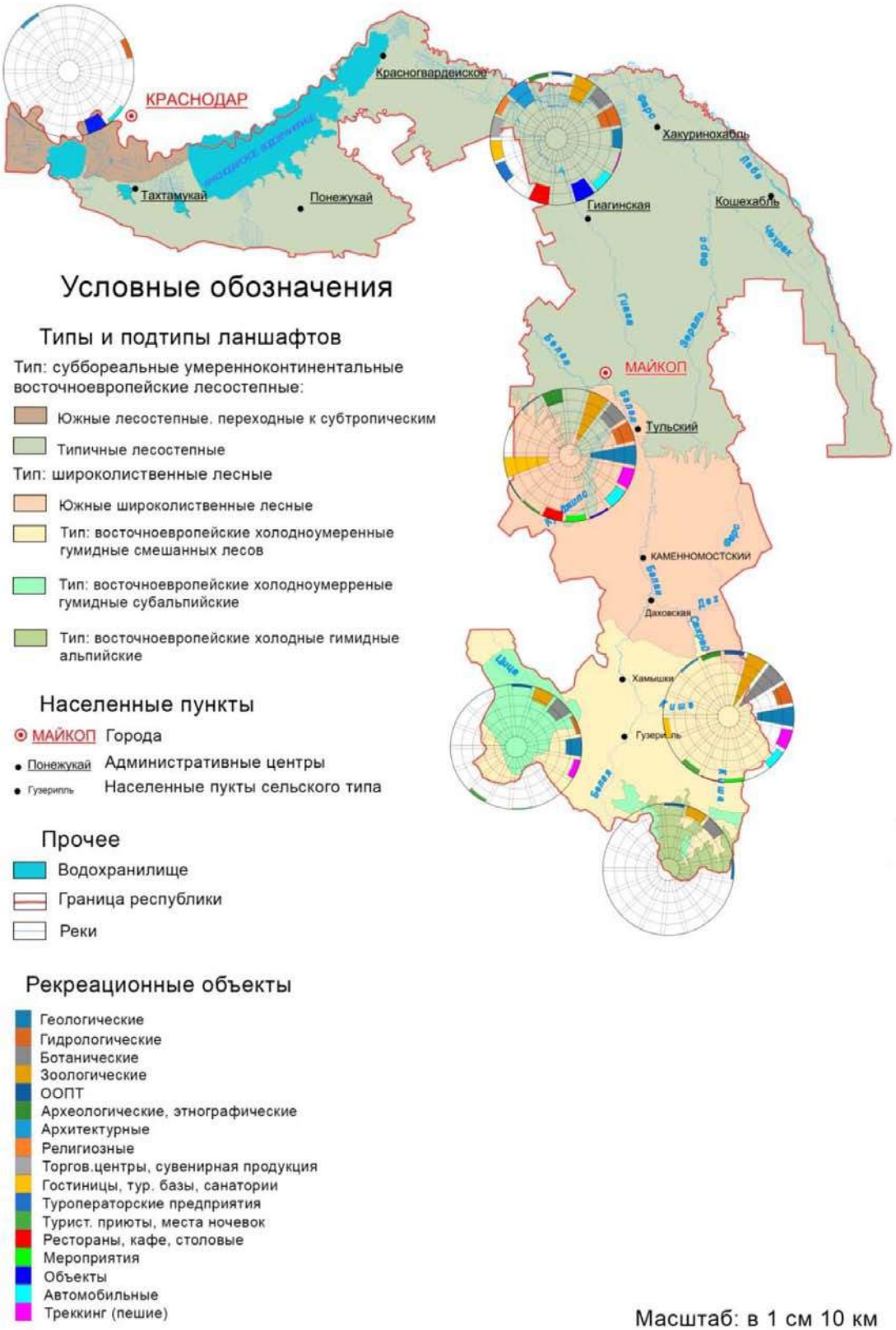


Рис. 2. Оценка ландшафтов по селективным факторам насыщенности объектами туристического интереса
Fig. 2. Assessment of landscapes by selective factors of saturation by objects of tourist interest

Наиболее рекреационно привлекательной является территория, входящая в горную часть республики, включающая частично территорию буферной зоны Кавказского государственного биосферного заповедника. Природные рекреационные ресурсы горной зоны Адыгеи уникальны и имеют мировое значение.

Территория отличается очень высоким потенциалом рекреационного освоения. Ландшафты в основном восточноевропейские холодно-умеренные гумидные, субальпийские. Рельеф среднегорно высокогорный. Аттрактивность пейзажей наивысшая: отвесные скалы чередуются с белоснежными вершинами, высокогорные плато с дикими теснинами ущелий, дно которых занято стремниной горных рек. Глубокие каньоны переходят в живописные долины, величественные далекие виды. Уникальные геологические объекты дополняются большим числом замечательных по красоте эндемичных, краснокнижных и редких видов растений: колокольчик Отрана, ятрышник пурпурный, цикламен кавказский, шафран Шарояна и т. д. Ледники и снежники сменяются зеленью альпийских и субальпийских лугов, а затем сосновыми и пихтовыми лесами. Животный мир уникален, представлен: туром кавказским, зубром, белкой обыкновенной, кабаном, оленем благородным, малоазиатским тритоном и т. д. Водные ресурсы включают горные реки, озера с гравийным типом дна, с температурным режимом купания ниже 16 °С. Комфортные погодные дни в сезоне составляют 60–70 %. Снежный покров сохраняется с декабря по март. Развиты преимущественно спортивные виды туризма: пешеходный, горнолыжный, водный, велотуризм, альпинизм, спелеотуризм, дельтапланеризм, скалолазание, а также историко-этнографический. Наиболее привлекательные элементы в описываемом районе – естественные препятствия, гребневые участки, водные преграды, труднопроходимые заросли, каньоны, ущелья, вершины при максимальной высоте около 3000 метров, при крутизне склонов от 10 до 60° (г. Оштена, плато Лаго-Наки), затяжные подъемы. Маршруты имеют категории сложности 1–5. Ежегодно Комитетом по туризму и курортам Республики Адыгея проводится фестиваль зимних видов отдыха: показательные старты на лыжах, санках, снегоходах с элементами соревнований, направленные на популяризацию зимних видов отдыха. Это приводит к активному развитию событийного туризма. В качестве дополнительных видов туризма следует назвать экскурсионный, экологический, научно-познавательный, отдых и релаксация [Штельмах, 2016].

В ТРС второго уровня – ландшафтах [Атлас…, 2005] – произведена оценка селективных факторов благоприятности рекреационного освоения: характера морфолитогенной основы, привлекательности гидрографической сети, благоприятности биоклиматических параметров, аттрактивности ландшафтов, наличия биологических ресурсов рекреации и объектов историко-культурного наследия, обеспеченности инфраструктурой и экологических ограничений. По итогам интегральной оценки определен ранг рекреационной ценности ландшафтов (табл.; рис. 3).

На основании интегральной оценки селективных и локализующих факторов выделены девять ТРС Адыгеи третьего иерархического уровня – ландшафтных районов, отличающихся специализацией и концентрацией туристско-рекреационных объектов, благоприятностью природных условий ландшафтов и качеством инфраструктуры рекреации (рис. 3). Это позволяет разрабатывать и актуализировать пространственно дифференцированные направления туристско-рекреационной деятельности, повышает эффективность функционирования и управления отраслью в результате выявления экономической целесообразности вовлечения в рекреационное использование перспективных ТРС.

ТРС третьего иерархического уровня отличаются общей закономерностью роста концентрации туристических ресурсов по направлению к осевой части Большого Кавказа.

Интегральный показатель рекреационной ценности ландшафтов по селективным факторам
An integrated indicator of recreational value of landscapes by selective factors

Блок компонента оценки	Ландшафт					
	Суббореальный умеренно континентальный восточно-европейский южный лесостепной, переходный к субтропическому	Суббореальный умеренно-континентальный восточно-европейский типичный лесостепной	Широколиственных лесов	Восточноевропейский холодноумеренный гумидный смешанных лесов	Восточноевропейский холодноумеренный гумидный субальпийский	Восточноевропейский холодноумеренный гумидный альпийский
1	1	2	3	2	1	1
2	3	2	1	1	3	4
3	3	3	2	1	1	4
4	3	3	2	1	1	1
5	2	2	3	1	2	2
6	3	1	1	2	4	4
7	3	1	2	3	4	5
8	2	3	2	1	1	1
Сумма	20	17	16	12	17	22
Ранг	4	3	2	1	3	5

Примечание. Компоненты оценки: 1 – характер морфолитогенной основы; 2 – привлекательность гидрографической сети; 3 – биоклиматические параметры; 4 – аттрактивность ландшафтов; 5 – биологические ресурсы рекреации; 6 – историко-культурное наследие; 7 – обеспеченность инфраструктурой; 8 – экологические ограничения.

В горной зоне выделены ТРС третьего порядка, к которым, в частности, относится насыщенное уникальными рекреационными объектами Нагорье Лаго-Наки, включенное в буферную зону КГБЗ – ООПТ высшего ранга, объекта Всемирного Природного Наследия ЮНЕСКО «Западный Кавказ». Здесь перспективными будут маршруты экотуризма (рис. 4).

К ТРС четвертого порядка – рекреационное место – отнесены местоположения, отличающиеся высокой концентрацией и разнообразием туристско-рекреационных объектов. К ним, в частности, отнесено урочище каньонообразной долины ручья Руфабго, уникальное по сочетанию многообразных объектов туристического интереса. Рекреационное место «Руфабго» принадлежит ландшафту южных широколиственных лесов и расположено в границах МО Каменномостское сельское поселение. В долине сохранились первичные лесные фитоценозы, популяции редких (включенных в Красные книги Республики Адыгея, России, МСОП, Красную книгу европейских бриофитов), эндемичных и реликтовых видов растений и животных. Многочисленны геоморфологические и геологические объекты: каньон, пещеры, живописные скалы (Хаджохские столбы), геологические обнажения, окаменевшие останки древней морской фауны (аммониты, белемниты и др.). Особый интерес у туристов вызывают 10 живописных водопадов различной формы. Рекреационное место «Руфабго» привлекательно для познавательного учебного и экологического туризма (рис. 5).

Рис. 3. Туристско-рекреационные системы третьего иерархического уровня
Fig. 3. Tourist and recreational systems of the third rank

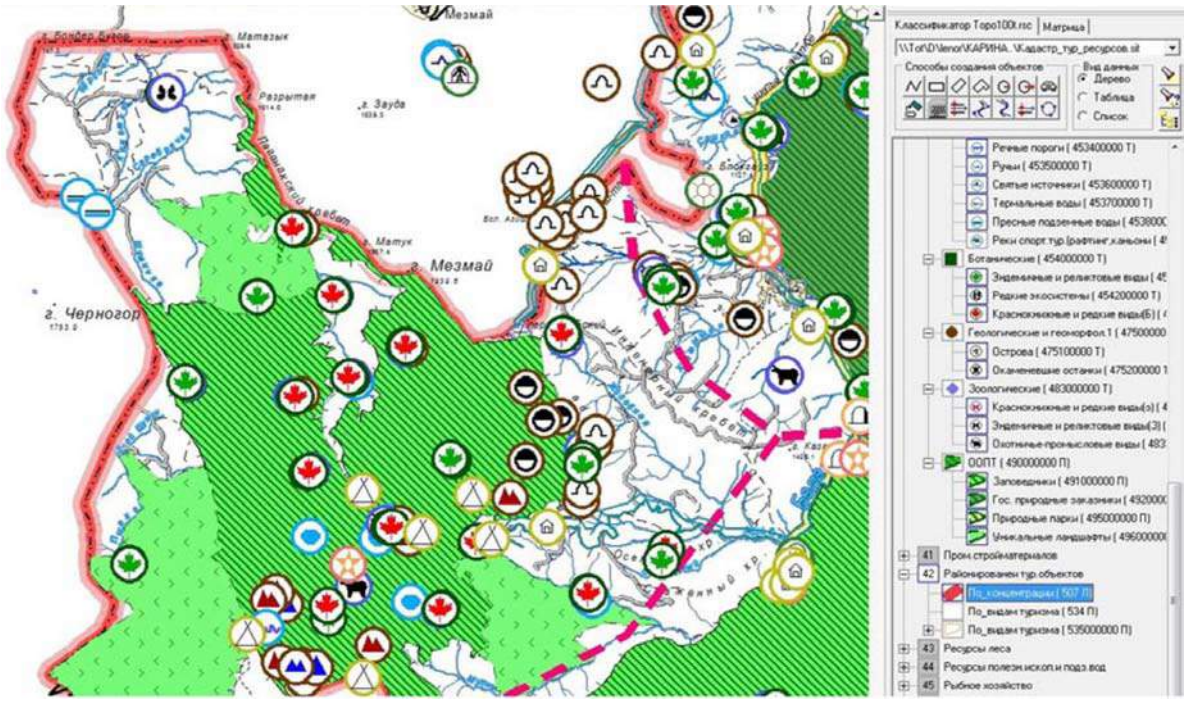


Рис. 4. Объекты туристического интереса в ТРС четвертого уровня – Нагорье Лаго-Наки
Fig. 4. Objects of tourist interest in TRS of the fourth rank – Lago-Naki Uplands

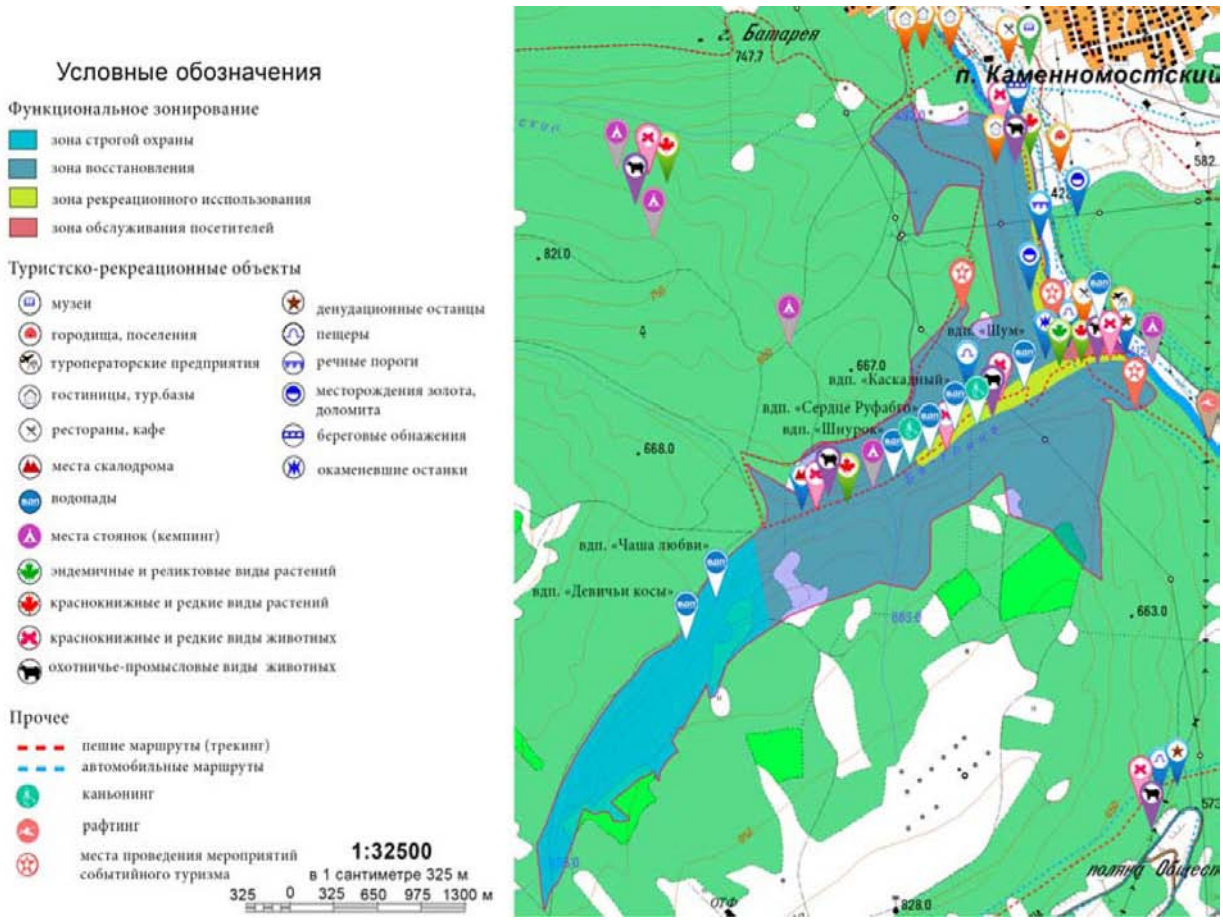


Рис. 5. ТРС рекреационное место «Руфабго»
Fig. 5. TRS recreational place of Rufabgo

Структура базы данных ГИС «Туризм Адыгеи» содержит атрибуты индикаторов (селективных, локализующих и реализующих) сравнительной покомпонентной оценки актуальной и потенциальной освоенности природно-экологических условий, степени насыщенности туристско-рекреационными объектами и уровня развития инфраструктуры рекреации по иерархии выявленных ТРС (рис. 6).

ВЫВОДЫ

Информационная составляющая ресурсов рекреации включает блоки: природно-экологический, объекты рекреации, социально-культурный, инфраструктуры гостеприимства, объектов и мероприятий познавательного и развлекательного характера, сведения о турфирмах. Структура базы данных поддерживает послойную организацию координированных данных, обеспечивающую поиск объектов и их картографическую визуализацию. Все собранные по ресурсам данные могут быть дифференцированы как по видам, так по обозначенным поисковым параметрам. Атрибутивная характеристика каждого объекта рекреации содержит около 10 позиций, характеризующих его государственный статус, специализацию, параметры рекреационной значимости, допустимые нагрузки, обеспеченность инфраструктурой обслуживания и т. д.

Геоинформационная система актуальной и перспективной освоенности рекреационных ресурсов разрабатывается в целях оптимизации управления туристско-рекреационной отраслью и создания системы мониторинга для оперативного управления.

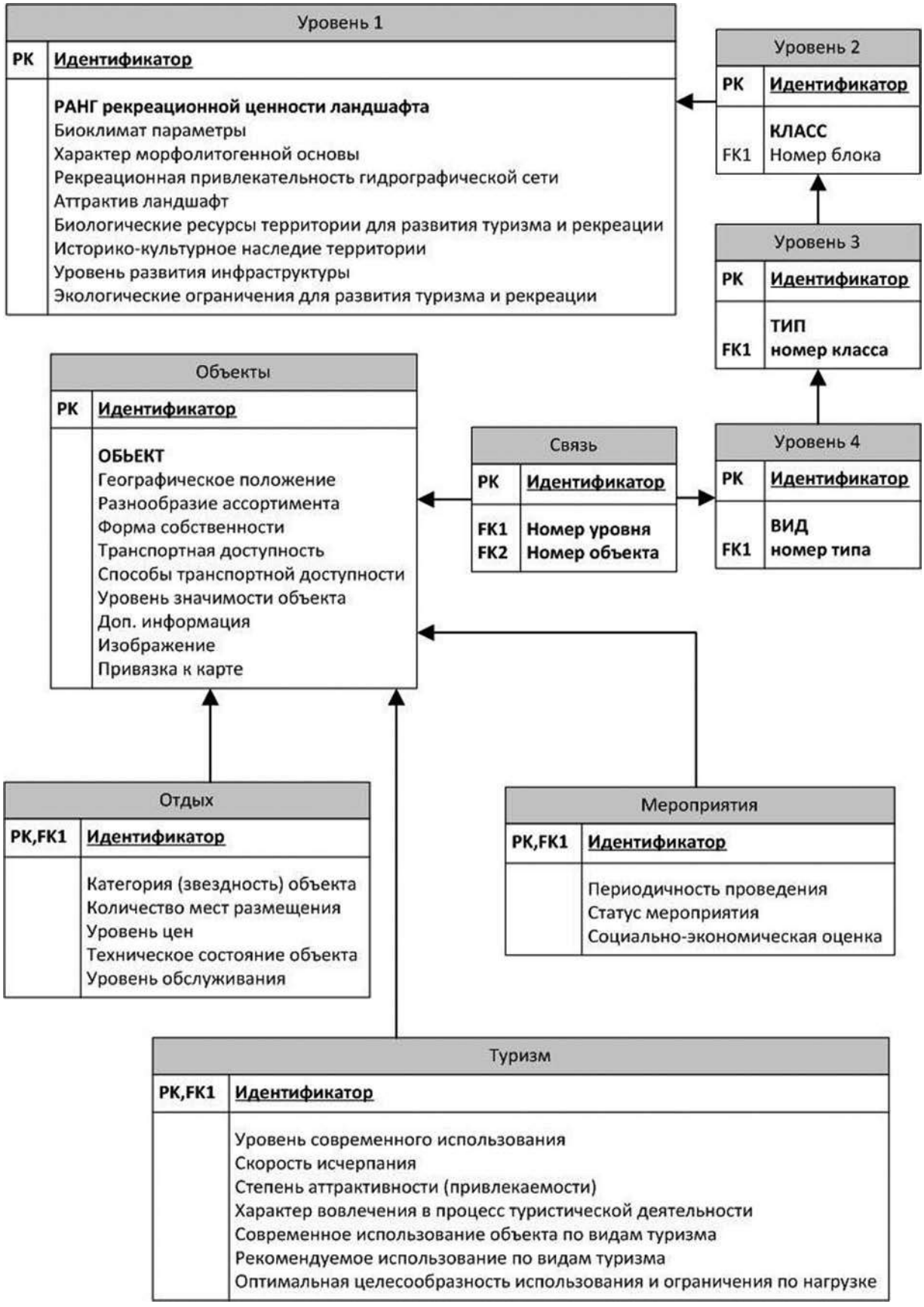


Рис. 6. Логическая схема структуры БД туристско-рекреационных ресурсов
Fig. 6. Logical scheme of structure of DB of tourist and recreational resources

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Республики Адыгея / Под ред. А.И. Мартыненко. 2-е изд., перераб. и доп. Майкоп: ЗАО «Ассоциированный картографический Центр-М», 2005. С. 36–37.
2. *Гуня А.Н.* Динамика освоения горного региона: структурные и институциональные факторы (на примере динамики расселения и землепользования в Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкесии). Нальчик: КБНЦ РАН, 2008. 160 с.
3. *Долженко Т.П.* К вопросу о туристских ресурсах России // Человек в зеркале современной географии. Смоленск, 1996. 210 с.
4. *Квартальнов В.А.* Туризм: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2002. 320 с.
5. *Костинский Г.Д.* Географическая матрица пространственности // Изв. РАН. Серия Географическая. 1997. № 5.
6. Теоретические основы рекреационной географии / Под ред. И.П. Герасимова. М., 1975. 224 с.
7. *Штельмах Е.П.* ГИС поддержки устойчивого развития туризма в горном регионе // Материалы Междунар. конф. ИнтерКарто/ИнтерГИС-22 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата». 31 августа по 14 сентября 2016 г. С. 160–166.

REFERENCES

1. Atlas of the Republic of Adyghea / Ed. A.I. Martynenko. 2nd ed., revised and additional. Maykop: CJSC Associated cartographic Center-M, 2005. P. 36–37 (in Russian).
2. *Dolzhenko T.P.* On tourist resources of Russia. The Person in a Mirror of Modern Geography. Smolensk, 1996. 210 p. (in Russian).
3. *Gunya A.N.* Dynamics of mountain region development: structural and institutional factors (on the example of dynamics of settlement and land use in Kabardino-Balkaria and Karachay-Cherkessia). KBSC RAS, Nalchik, 2008. 160 p. (in Russian).
4. *Kostinsky G.D.* Geographical matrix of spatiality. Izv. RAS. Geographical series. 1997. No 5 (in Russian).
5. *Kvartalnov V.A.* Tourism: Textbook. M.: Finance and Statistics, 2002. 320 p. (in Russian).
6. *Shtelmakh E.P.* GIS of support of sustainable development of tourism in the mountain region. Materials of the International InterCarto/InterGIS-22 Conference "Geoinformation ensuring sustainable development of territories in the conditions of global climate changes". August 31 – September 14, 2016. P. 160–166 (in Russian).
7. Theoretical fundamentals of recreational geography / Ed. I.P. Gerasimov. Moscow, 1975. 224 p. (in Russian).

УДК 910.1+528.946

Грибок М.В.[1]

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ О ГЕОЛОКАЦИЯХ ФОТОГРАФИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРИДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЧУЙСКОГО ТРАКТА)

АННОТАЦИЯ

В статье представлен анализ возможностей использования данных о геолокациях фотографий в качестве источника информации для исследований туристической привлекательности придорожных ландшафтов. Выявлены места скоплений геолокаций изображений, представленных на интернет-ресурсах Flickr, Google Panoramio и 500px.com для автодороги Р256 «Чуйский тракт». Для примера представлена карта участка трассы с 620-го по 730-й километр с отмеченными скоплениями геолокаций изображений, природными и культурно-историческими достопримечательностями, а также турбазами, расположенными вдоль трассы. Карта наглядно демонстрирует сходства и различия в расположении ареалов повышенного интереса пользователей перечисленных ресурсов, а также соотношение расположения скоплений геолокаций и локальных природных и культурно-исторических достопримечательностей. Скопления фотографий далеко не всегда соответствуют точкам расположения достопримечательностей вдоль Чуйского тракта. При этом природные достопримечательности характеризуются более крупными скоплениями изображений, чем культурные. В ходе исследования выявлены участки дороги, являющиеся наиболее привлекательными для автотуристов с позиции эстетического восприятия. Сравнение распределений геолокаций фотографий на разных ресурсах показало, что территориально совпадают на всех трех сайтах только наиболее крупные скопления изображений, соответствующие популярным природным достопримечательностям. При этом более мелкие скопления изображений расположены относительно хаотично вдоль трассы и в большинстве случаев не совпадают на разных ресурсах.

Сделаны выводы о возможностях и ограничениях использования данных о расположении скоплений фотографий для исследований туристической привлекательности местности. Сравнение туристической привлекательности точек на основе данных о геолокациях фотографий возможно только в том случае, если их доступность может считаться одинаковой. Кроме того, чем больше имеется точек геолокаций фотографий на исследуемую территорию и чем выраженнее ареалы их скоплений, тем с большей уверенностью можно делать выводы о туристической привлекательности местности на основе данных такого рода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геолокации, Flickr, Panoramio, туристическая привлекательность, восприятие ландшафта.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* **gribok.marina@gmail.com**

Marina V. Gribok[1]

ON THE POSSIBILITY OF USING DATA ON GEOLOCATED PHOTOS IN THE RESEARCH OF TOURIST ATTRACTIVENESS OF ROADSIDE LANDSCAPES (EXEMPLIFIED BY THE CHUYA HIGHWAY)

ABSTRACT

The article presents the analysis of the possibilities of using data on geolocated photos as a source for the study of tourist attractiveness of roadside landscapes. Revealed clusters of geotagged images presented on the Internet sources Flickr, Google Panoramio and 500px.com for the road P256 "Chuysky tract" (Chuya highway). For the example presented the map of part of the route from 620 to 730 km with marked accumulations of geolocated images, natural, historical and cultural attractions and camps located along the route. The map clearly demonstrates similarities and differences in the location of areas of user's interest and the ratio of photogeolocation clusters with local natural and historical attractions. The accumulation of geotagged photos does not always correspond to the attractions along the Chuysky tract. At the same time, natural attractions are characterized by larger clusters of geotagged images than cultural ones. The study revealed the sections of the road that are the most attractive for tourists from the point of view of aesthetic perception. Comparison of the distribution of geolocated images on different resources showed that geographically coincide on all three websites only the largest clusters of geotagged images corresponding to popular natural attractions. Smaller clusters of geotagged photos are located relatively randomly along the route and in most cases do not coincide on different web resources.

Finally, we discuss the possibilities and limitations of using data on the geolocated photos for research the tourist attractiveness of the territories. Comparison of tourist attraction points based on data of photogeolocations is possible only for points with the same accessibility. In addition, the more points of geotagged photos on the study area and the more visible their accumulations, as more confident you can draw conclusions about the tourist attractiveness of the territory on the basis of data of this kind.

KEYWORDS: geolocation, Flickr, Panoramio, tourist attraction, landscape perception.

ВВЕДЕНИЕ

В 2007 г. М. Гудчайлдом [Goodchild, 2007] предложена концепция «люди как датчики» (citizens as sensors), согласно которой добровольно предоставляемые большим количеством людей пространственные данные разного рода могут представлять собой уникальный материал как для научных исследований, так и для решения разнообразных практических задач. Для обозначения таких данных Гудчайлд ввел в научных обход термин «volunteered geographic information» (VGI). Концепция проведения исследований на основе привлечения VGI получила название «гражданская наука» (citizen science) [Cooper et al., 2007]. В близких по тематике работах российских авторов также встречаются такие термины, как «народная наука», «народная география» [Голубчиков, Клименко, 2016]. Эволюция исследований с использованием VGI характеризуется постоянным увеличением объема анализируемых данных: переходом от изучения одиночных фотоснимков к анализу «цифрового следа» (digital footprint) [Walden-Schreiner et al., 2018] пользователя, от несложных статистических сопоставлений к методам анализа «больших данных» (big data) [Miah et al., 2016].

[1] Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **gribok.marina@gmail.com**

Масштабные исследования массивов данных о геолокациях пользователей стали возможны благодаря таким факторам технического и научного прогресса, как повсеместное распространение мобильных устройств с видеокамерой, активное внедрение геолокационных технологий в повседневную жизнь людей (массовое распространение устройств со встроенным навигатором, развитие программного обеспечения для работы с геоданными, ориентированного на широкий круг пользователей), а также появление интернет-ресурсов, дающих возможность сбора и хранения геолокаций пользователей, в том числе содержащих фотографии, привязанные к точкам на местности.

Множества геолокаций фотографий, представленные на различных интернет-ресурсах (фотохостинги, социальные сети и т. п.), в последние несколько лет стали активно использоваться в качестве источника данных для оценки туристической [Da Rugna et al., 2012; García-Palomares et al., 2015; Shiliang Su, 2016] и эстетической [Hochmair, 2010; Produit et al., 2014; Figueroa Alfaro, 2015] привлекательности территорий разных масштабных уровней.

Целью данной работы является анализ пригодности интернет-ресурсов, содержащих открытые данные о геолокациях фотографий пользователей, для использования при оценке туристической привлекательности местности на уровне отдельных ландшафтов, т. е. при крупномасштабных исследованиях, позволяющих учитывать расположение отдельных объектов на местности.

Исследование проводится на примере придорожных ландшафтов вдоль участка автодороги Р256 «Чуйский тракт». Данная автотрасса входит в топ-10 самых живописных дорог мира по версии National Geographic и является не только главной транспортной артерией Республики Алтай, но и достопримечательностью региона [Кузнецова, 2014].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования выбраны три популярных фотохостинга Google Panoramio, Flickr и 500px. Для каждого из них имеется открытый доступ к базе геолокаций изображений пользователей.

Сервисы Flickr и Google Panoramio – одни из наиболее известных в мире фотохостингов, содержащих миллиарды фотографий в открытом доступе [Kisilevich et al., 2010]. Сервис Google Panoramio в настоящее время не функционирует (существовал с 2007 г., база фотографий не обновляется с 2015 г.), но визуальное распределение геолокаций архива изображений доступно через сайт www.sightsmap.com. Геолокации изображений фотохостинга Flickr (www.flickr.com) находятся в открытом доступе и визуализированы в проекте на сайте www.arcgis.com[1].

Фотохостинг 500px.com позиционируется как международная интернет-площадка для профессиональных фотографов. В настоящее время на сайте зарегистрировано более 13 миллионов пользователей из 190 стран[2]. На сайте представлена карта[3] с нанесенными геолокациями всех загруженных фотографий, содержащих информацию о пространственной привязке.

При выборе территории для исследования решено было ограничиться только придорожными ландшафтами вокруг Чуйского тракта, т. е. теми, на которые открывается обзор непосредственно с автодороги, а значит, характеризующимися высокой и при этом относительно равномерной степенью доступности для просмотра. Визуальный анализ распределения геолокаций фотографий на перечисленных выше интернет-ресурсах показал,

[1] http://www.arcgis.com/apps/PublicInformation/index.html?appid=683cf98954934742b8cbaff3a912c6a1
[2] https://about.500px.com/
[3] https://500px.com/map

что придорожные ландшафты на большей части территории России характеризуются повышенной плотностью распределения фотографий пользователей. Для примера на рис. 1 приведен фрагмент «тепловой карты» распределения геолокаций изображений Google Panoramio на территории центральной части Республики Алтай. Наглядно видно, что большинство фотографий пользователей сосредоточено вокруг автодорог. Дополнительным фактором при выборе для исследования именно придорожных ландшафтов участка Чуйского тракта стало то обстоятельство, что данная автотрасса доступна для визуального осмотра с эффектом присутствия на местности через сервис «Яндекс.Панорамы». Таким образом, имеется возможность рассмотреть окрестности любой точки трассы без необходимости выезда на местность и проведения дополнительных полевых исследований.

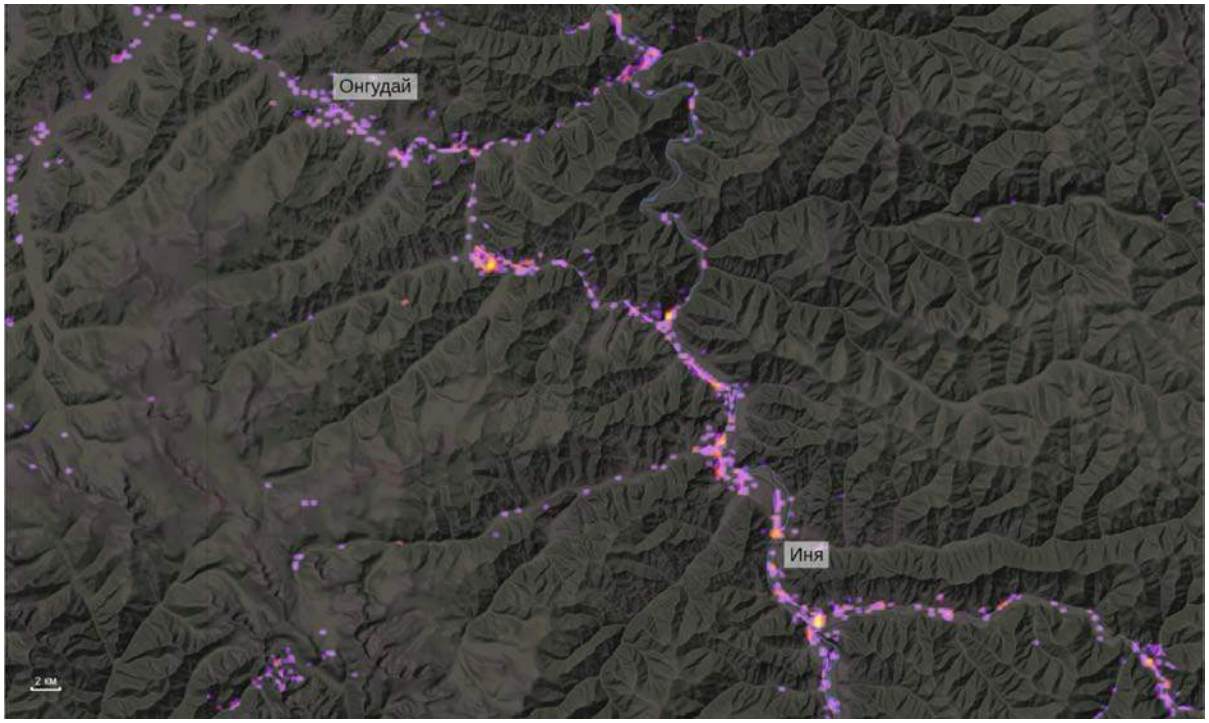


Рис. 1. «Тепловая карта» плотности распределения геолокаций изображений Google Panoramio (источник: www.sightsmap.com)
Fig. 1. "Heat map" of Google Panoramio image geolocations density (source: www.sightsmap.com)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа пригодности использования геопространственной информации о геолокациях фотографий на фотохостингах для исследований неравномерности туристической привлекательности местности вдоль трассы Р256 на единую картографическую основу нанесены точки скоплений фотографий. Среди скоплений выделено два типа – крупные и некрупные. Поскольку сайты содержат разные по объему базы фотографий, критерии для выделения скоплений и определения их величины были разные и оценивались в основном визуально. Для Panoramio под крупными скоплениями понимаются группы примерно от 30 точек геолокаций изображений, некрупными – от 10 до 30 точек. Для Flickr и 500px крупные – от 10 точек, некрупные – от 3 точек. Также на карту нанесены основные достопримечательности и турбазы, расположенные непосредственно у дороги. В качестве источников данных о достопримечательностях и турбазах использовались путеводитель [Танкова и др., 2010] и сайт wikimapia.org. Для примера на рис. 2 представлена карта участка трассы от 620 до 730 километра.

Сравнение распределений геолокаций фотографий на разных фотохостингах показало, что полностью совпадают на всех трех интернет-ресурсах только наиболее крупные скопления изображений, соответствующие известным природным достопримечательностям. На представленном на карте участке это перевал Чике-Таман и слияние рек Чуи и Катуни. Также есть несколько точек, где имеются совпадения крупных скоплений фотографий только на двух интернет-ресурсах.

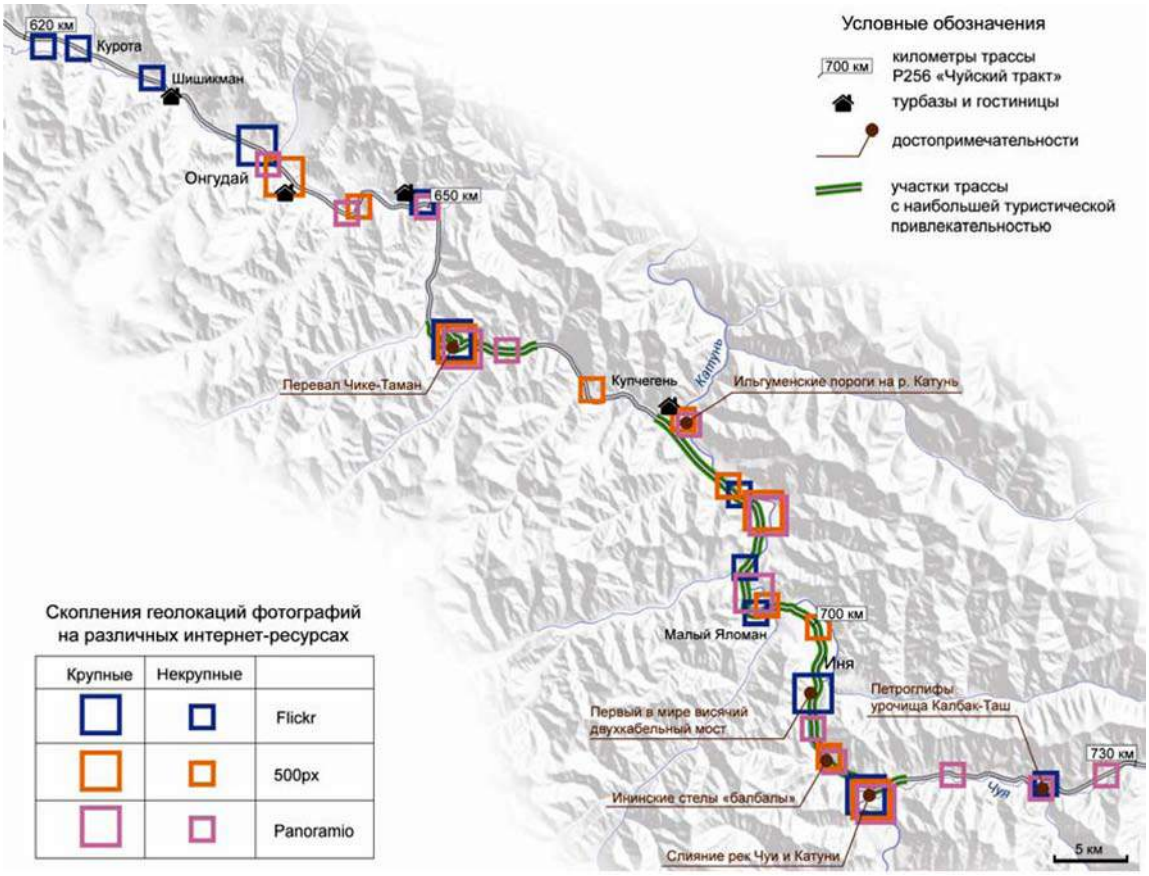


Рис. 2. Карта скоплений геолокаций фотографий Flickr, Panoramio и 500px вдоль участка трассы Р256
Fig. 2. Map of clusters of photos on Flickr, Panoramio and 500px along the section of route P256

При этом некрупные скопления изображений расположены относительно хаотично вдоль трассы и в большинстве случаев территориально не совпадают на разных ресурсах. Это означает, что для каких-либо практических целей (например, для разработки туристических маршрутов или планирования развития придорожной инфраструктуры) данные о некрупных скоплениях геолокаций не имеют особой ценности. Данный вывод совпадает с утверждением Х. Хочмайра, исследовавшего соотношение распределения геолокаций фотографий и расположения обзорных пейзажных точек: «В районах с обилием геотегированных фотографий… цифровые следы могут быть легко использованы в качестве источника данных для планирования живописного маршрута при применении соответствующего алгоритма. Такой подход может применяться во всех географических регионах, где имеется достаточное количество фотографий» [Hochmair, 2010, p. 9]. Далее он отмечает, что «в географических регионах с ограниченным числом геотегированных фотографий, "следы" не будут столь полезными при планировании живописного маршрута. Такие регионы могут характеризоваться, например, отно-

сительной однородностью, без каких-либо примечательных пейзажей. Или же это могут быть изолированные малопосещаемые местности» [Hochmair, 2010, p. 9].

Скопления фотографий пользователей далеко не всегда соответствуют точкам расположения достопримечательностей вдоль Чуйского тракта. При этом природные достопримечательности характеризуются более крупными скоплениями изображений, чем культурные. Особый интерес также представляют скопления фотографий, не совпадающие с расположением достопримечательностей и каких-либо других объектов на туристических ресурсах. Именно эти точки и их скопления можно считать выявленными в ходе данного исследования участками Чуйского тракта с повышенной привлекательностью для автотуристов с позиции эстетического восприятия.

ВЫВОДЫ

Распределение геолокаций фотографий на популярных интернет-ресурсах – перспективный источник данных для крупномасштабных исследований в области туристической привлекательности территорий. Однако при использовании данных о геолокациях имеется ряд ограничений, которые важно учитывать. Прежде всего, сравнение туристической привлекательности точек на основе данных такого рода возможно только в том случае, если доступность точек может считаться одинаковой – например, если они находятся на одной и той же дороге. Кроме того, чем больше имеется точек геолокаций фотографий на исследуемую территорию и чем выраженнее ареалы их скоплений, тем с большей уверенностью можно делать выводы о характере неоднородности туристической привлекательности местности на основе данных о расположении геолокаций изображений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-35-00160.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, project No 18-35-00160.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голубчиков Ю.Н., Клименко С.В.* Народная география эпохи Интернета // Геоконтекст: Научный мультимедийный альманах. Т. 3. Дрезден, 2016. С. 5–14.
2. *Кузнецова А.П.* 10 самых красивых автомобильных дорог России // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 127–134.
3. *Танкова М.В., Злобина Т.И., Акимова Т.А.* Путеводитель: Алтай. Путешествие по Чуйскому тракту. Барнаул: Пять плюс, 2010. 254 с.
4. *Cooper C., Dickinson J., Phillips T., Bonney R.* Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems // Ecology and Society. 2007. 12 (2). P. 11.
5. *Da Rugna J., Chareyron G., Branchet B.* Tourist behaviour analysis through geotagged photographies: a method to identify the country of origin // Computational Intelligence and Informatics (CINTI), IEEE 13th International Symposium. 2012. P. 347–351.
6. *Figueroa Alfaro R.W.* Evaluation of Cultural Ecosystem Aesthetic Value of the State of Nebraska by Mapping Geo-Tagged Photographs from Social Media Data of Panoramio and Flickr // Community and Regional Planning Program: Student Projects and Theses. University of Nebraska, USA, 2015.
7. *García-Palomares J. C., Gutiérrez J., Mínguez C.* Identification of tourist hot spots based on social networks: a comparative analysis of European metropolises using photosharing services and GIS // Appl. Geogr. 2015. 63. P. 408–417.

8. *Goodchild M.F.* Citizens as sensors: the world of volunteered geography // GeoJournal. 2007. 69 (4). P. 211–221. DOI: 10.1007/s10708-007-9111-y.
9. *Hochmair H.* Spatial Association of Geotagged Photos with Scenic Locations. GIFORUM 2010. P. 1–10.
10. *Kiselevich S., Krstaljic M., Keim D. et al*. Event-based analysis of people's activities and behavior using Flickr and Panoramio geotagged photo collections // 14th International Conference Information Visualisation (IV). London, TBD, United Kingdom, Jul 26 – Jul 29, 2010. IEEE. P. 289–296. DOI: 10.1109/IV.2010.94.
11. *Miah S.J., Vu H.Q., Gammack J., McGrath M.* A big data analytics method for tourist behaviour analysis. Inf. Manag. 2016. DOI: 10.1016/j.im.2016.11.011.
12. *Produit T., Tuia D., De Morsier F., Golay F.* Do geographic features impact pictures location shared on the Web? Modeling photographic suitability in the Swiss Alps // Environmental Multimedia Retrieval. Glasgow, UK: CEUR-WS.org. 2014. V. 1222. P. 22–29.
13. *Shiliang Su, Chen Wan, Yixuan Hu, Zhongliang Cai.* Characterizing geographical preferences of international tourists and the local influential factors in China using geo-tagged photos on social media // Applied Geography. V. 73. August 2016. P. 26–37.
14. *Walden-Schreiner C., Leung Yu-F., Tateosian L.* Digital footprints: Incorporating crowdsourced geographic information for protected area management // Applied Geography. V. 90. January 2018. P. 44–54.

REFERENCES

1. *Cooper C., Dickinson J., Phillips T., Bonney R.* Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. Ecology and Society. 2007. 12 (2). P. 11.
2. *Da Rugna J., Chareyron G., Branchet B.* Tourist behaviour analysis through geotagged photographies: a method to identify the country of origin. Computational Intelligence and Informatics (CINTI), IEEE 13th International Symposium. 2012. P. 347–351.
3. *Figueroa Alfaro R.W.* Evaluation of Cultural Ecosystem Aesthetic Value of the State of Nebraska by Mapping Geo-Tagged Photographs from Social Media Data of Panoramio and Flickr. Community and Regional Planning Program: Student Projects and Theses. University of Nebraska, USA, 2015.
4. *García-Palomares J.C., Gutiérrez J., Mínguez C.* Identification of tourist hot spots based on social networks: a comparative analysis of European metropolises using photosharing services and GIS. Appl. Geogr. 2015. 63. P. 408–417.
5. *Golubchikov Yu.N., Klimenko S.V.* Citizen science of Internet epoch. Geokontekst: Nauchnyy multimediynyy almanakh. V. 3. Drezden, 2016. P. 5–14 (in Russian).
6. *Goodchild M.F.* Citizens as sensors: the world of volunteered geography. GeoJournal. 2007. 69 (4). P. 211–221. DOI: 10.1007/s10708-007-9111-y.
7. *Hochmair H.* Spatial Association of Geotagged Photos with Scenic Locations. GIFORUM 2010. P. 1–10.
8. *Kiselevich S., Krstaljic M., Keim D. et al.* Event-based analysis of people's activities and behavior using Flickr and Panoramio geotagged photo collections. 14th International Conference Information Visualisation (IV). London, TBD, United Kingdom, Jul 26 – Jul 29, 2010. IEEE. P. 289–296. DOI: 10.1109/IV.2010.94.
9. *Kuznetsova A.P.* 10 most beautiful roads in Russia. SAPR i GIS avtomobilnykh dorog. 2014. No 2 (3). P. 127–134 (in Russian).
10. *Miah S.J., Vu H.Q., Gammack J., McGrath M.* A big data analytics method for tourist behaviour analysis. Inf. Manag. 2016. DOI: 10.1016/j.im.2016.11.011.

11. *Produit T., Tuia D., De Morsier F., Golay F*. Do geographic features impact pictures location shared on the Web? Modeling photographic suitability in the Swiss Alps. Environmental Multimedia Retrieval. Glasgow, UK: CEUR-WS.org. 2014. V. 1222. P. 22–29.
12. *Shiliang Su, Chen Wan, Yixuan Hu, Zhongliang Cai.* Characterizing geographical preferences of international tourists and the local influential factors in China using geo-tagged photos on social media. Applied Geography. V. 73. August 2016. P. 26–37.
13. *Tankova M.V., Zlobina T.I., Akimova T.A.* Guide: Altai. Journey through Chuya tract. Barnaul: Pyat plyus, 2010. 254 p. (in Russian).
14. *Walden-Schreiner C., Leung Yu-F., Tateosian L.* Digital footprints: Incorporating crowdsourced geographic information for protected area management. Applied Geography. V. 90. January 2018. P. 44–54.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.
ЭКОЛОГИЯ РОССИИ В НОВОМ КОМПЛЕКСНОМ АТЛАСЕ 5

Филатов Н.Н., Богданова М.С., Дерусова О.В., Литвиненко А.В., Толстиков А.В.
РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ 19

Турков С.Л.
НАЦИОНАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ 30

Тикунов В.С., Черешня О.Ю.
РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ 44

Ясенева Е.В., Ясенева И.А.
ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРЫМА 54

Архипова О.Е., Лычагина Ю.М.
АТЛАСНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ 68

Белоусов С.К., Евсеев А.В., Красовская Т.М.
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РАЙОНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ 75

Маркова О.И., Масленникова В.В.
ЦЕННОСТЬ ПРИСОЕДИНЕННЫХ К МОСКВЕ В 2012 ГОДУ ТЕРРИТОРИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 86

Черкасов А.А.
ГИС-МОНИТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭТНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ В РОССИИ 99

Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Лихтанская Н.В.
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ 109

Добрякова В.А.
КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «НАСЕЛЕНИЕ» ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО ОКРУГА 123

Tatiana S. Nokelaynen
MAPPING OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF INLAND WATERWAY TRANSPORT IN RUSSIA 131

Прохорова Е.А., Семин В.Н.
СБОР И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПО СУХОПУТНЫМ ПУТЯМ СООБЩЕНИЯ ДЛЯ ГЕОРЕСУРСА «ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИИ» 138

Игонин А.И.
ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ БРЯНСКО-БЕЛГОРОДСКОГО УЧАСТКА РОССИЙСКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ 148

Кулыгин В.В.
РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА РИСКОВ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ МОРЕХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 158

Манухов В.Ф., Ивлиева Н.Г.
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ (ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ) СТУДЕНТОВ-КАРТОГРАФОВ 167

Мирязов Т.Р., Прохорова Е.А.
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ АФРИКАНСКОГО КОНТИНЕНТА 179

Sergey M. Burkov, Igor P. Loginov, Sergey Z. Savin
GEOINFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF ETHNO-CRIMINOLOGICAL SITUATION IN PRIAMURYE 194

Карпачевский А.М., Филиппова О.Г.
ВОЗМОЖНОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ 202

Бадина С.В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ ТЕРРИТОРИИ К ПРИРОДНЫМ ОПАСНОСТЯМ НА ПРИМЕРЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ, СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И ЮЖНОЙ СИБИРИ 212

Николенко С.В., Ширшова В.Ю.
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ГРАНИЦ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВЫЯВЛЕНИЕМ НАРУШЕНИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НЕСКОЛЬКИХ РАЙОНОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ 222

Аляутдинов А.Р., Семин В.Н., Ушакова Л.А.
РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА «ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ» В РАМКАХ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА «ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИИ» 229

Голубева Е.И., Заика Ю.В., Тульская Н.И.
МОНОГОРОДА РОССИИ: ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 240

Каргашина М.А.
СИСТЕМА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ 253

Каргашин П.Е., Новаковский Б.А., Прасолова А.И.
РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНОГО АТЛАСА РЕСУРСОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА 262

Прокопьев Е.А., Крутских Н.В., Рязанцев П.А., Рослякова Н.А.
СБОР ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТА НА ЭКОНОМИКУ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ) 273

Шеков В., Ялас П., Йоутсенваара Я., Кисиел Я., Лааксохарью М., Пител В., Хорнер Д., Мишо Х., Гизе Р., Москус В., Забельский Я., Гостило В., Степанов А., Линдборг Т., Кару В., Ахола Х.
ПРОЕКТ BSUIN КАК ИННОВАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГОРНО-ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ РОССИИ 285

ГЕОИНФОРМАТИКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дружинин П.В., Филатов Н.Н., Морошкина М.В., Дерусова О.В., Поташева О.В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ 297

Кочуров Б.И., Карандеев А.Ю.
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТОЧНОГО ВЕКТОРНОГО ГИС-АНАЛИЗА 310

Фомин В.В., Дианский Н.А., Выручалкина Т.Ю.
АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ДИАГНОЗА И ПРОГНОЗА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ 321

Карпачевский А.М.
КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТРАССЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 334

Andrew N. Beshentsev, Darima Ts. Tsibudeeva
GEOINFORMATION MONITORING OF WATER USE IN LAKE BAIKAL BASIN 341

Васильев О.Д., Чистов С.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛЕСОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА: МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ 348

Куликов В.С., Светов С.А., Степанова А.В., Куликова В.В., Полин А.К., Гоголев М.А.
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ГЕОЛОГИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ»: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 368

Дмитриев В.В., Огурцов А.Н., Русаков А.В., Машкин Ю.Л., Петров И.М.
ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА УЧАСТКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ ПОЛИГОНА ТБО ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА 382

Замкина И.А., Тесленок С.А., Тесленок К.С.
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛЕСНОЙ ПЛОЩАДИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ 394

Крутских Н.В., Миронов В.Л., Рязанцев П.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ 405

Крымская О.В., Лебедева М.Г., Петина М.А.
ВНУТРИГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА САМООЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 419

Малышева Н.В., Золина Т.А., Моисеев Б.Н.
ВКЛАД ГИС В МЕТОДИКУ ОЦЕНКИ НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ РОССИИ 426

Огурцов А.Н., Дмитриев В.В., Разживин В.Ю.
УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСТРОВА САХАЛИН К ЗАГРЯЗНЕНИЮ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ: ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ 437

Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Кочуров Б.И., Иванеха Т.Л., Петелько А.И.
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦЕЗИЯ-137 ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ КАК ИДЕНТИФИКАТОРА ПОТЕРИ ПОЧВОЙ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ (ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА) ВСЛЕДСТВИЕ ЭРОЗИИ 450

Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А.
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЪЕКТА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА 462

Гостева А.А., Ерунова М.Г., Савченко А.П.
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМАЦИОННОГО СОСТАВА ЛЕСОВ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ» 475

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ И ТУРИЗМА

Боярский П.В., Ельчанинов А.И.
КУЛЬТУРНОЕ, ДУХОВНОЕ И ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ В НАЦИОНАЛЬНОМ АТЛАСЕ АРКТИКИ 485

Маркова О.И.
ОБРАЗЫ РУССКОГО СЕВЕРА В ХУДОЖЕСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АТЛАСА АРКТИКИ 501

Тикунова И.Н., Судакова А.Е.
ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В СТРАНАХ ШЕЛКОВОГО ПУТИ 516

Giovanni Nico, Olimpia Masci, Evgeny Panidi
NON-DESTRUCTIVE MONITORING STRATEGIES OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS AND TANGIBLE CULTURALE HERITAGE BASED ON GROUND-BASED SAR INTERFEROMETRY 528

Гуня А.Н., Ефимов А.Б.
К ОБОСНОВАНИЮ КОНЦЕПЦИИ ПРАВОСЛАВНОГО АТЛАСА РОССИИ 536

Андреева Т.А., Литвинова М.В.
ОСОБЕННОСТИ КОНФЕССИОНАЛЬНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ И ТУРИЗМА 548

Романова О.С., Лазебник О.А.
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОЛЛЕКЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЯКУТИИ 562

Филиппова В.В.
ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА ЯКУТИИ: КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭТНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ 568

Штельмах Е.П., Гуня А.Н.
ГИС ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ В ЛАНДШАФТАХ РАЗЛИЧНОЙ ОСВОЕННОСТИ 575

Грибок М.В.
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ О ГЕОЛОКАЦИЯХ ФОТОГРАФИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРИДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЧУЙСКОГО ТРАКТА) 588

CONTENTS

GIS AND CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR THE ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL DIMENSIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Nikolay S. Kasimov, Tatiana V. Kotova, Vladimir S. Tikunov
ECOLOGY OF RUSSIA IN THE NEW MULTIDISCIPLINARY ATLAS 5

Nikolay N. Filatov, Maria S. Bogdanova, Olga V. Derusova, Aleksandr V. Litvinenko, Andrey V. Tolstikov
DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEMS OF WATER OBJECTS OF THE NORTHERN EUROPEAN PART OF RUSSIA 19

Sergey L. Turkov
NATIONAL CONCEPTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR RUSSIA 30

Vladimir S. Tikunov , Olga Yu. Chereshnia
REGIONAL ASSESMENT OF ECONOMIC DEVELOPMENT 44

Elena V. Yaseneva, Irina A. Yaseneva
FEATURES OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CRIMEA 54

Olga E. Arkhipova, Yulia M. Lychagina
ATLAS INFORMATION SYSTEM OF ESTIMATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE COASTAL ZONE OF THE AZOV SEA 68

Stanislav K. Belousov, Alexander V. Evseev, Tatiana M. Krasovskaya
MAPPING OF POTENTIAL REGIONS OF ECOLOGICAL DISTURBANCES IN THE RUSSIAN ARCTIC 75

Olga I. Markova, Valentina V. Maslennikova
VALUE OF TERRITORIES CONNECTED WITH MOSCOW IN 2012 AND OPPORTUNITIES OF THEIR OPTIMIZATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT 86

Aleksandr A. Cherkasov
GIS-MONITORING OF TRANSFORMATION OF THE ETHNIC STRUCTURE OF POPULATION OF CITY AND RURAL LOCATION IN RUSSIA 99

Olga E. Arkhipova, Elena A. Chernogubova, Natalia V. Likhtanskaya
SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF THE INCIDENCE OF CANCER DISEASES CASE STUDY OF SOUTHERN REGIONS OF RUSSIAN FEDERATION 109

Valentina Dobryakova
CARTOGRAPHICAL PROVIDING SECTION "POPULATION" OF THE ECOLOGICAL ATLAS OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS REGION 123

Tatiana S. Nokelaynen
MAPPING OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF INLAND WATERWAY TRANSPORT IN RUSSIA 131

Elena A. Prokhorova, Vladimir N. Semin
COLLECTING AND FORMALIZING OF LAND ROUTES DATA FOR GEORESOURCE "TRANSPORT SYSTEM OF RUSSIA" 138

Aleksandr I. Igonin
GEODEMOGRAPHIC PROCESSES OF THE BRYANSK-BELGOROD SECTION OF THE RUSSIAN BORDERLAND 148

Valerii V. Kulygin
DEVELOPMENT OF THE GEOINFORMATIONAL RESOURCE OF NATURAL HAZARDS RISKS FOR MARINE ECONOMIC ACTIVITIES 158

Vladimir F. Manukhov, Natalia G. Ivlieva
ABOUT RESEARCH WORK (PRODUCTION PRACTICE) OF STUDENTS CARTOGRAPHERS 167

Timur R. Miryazov, Elena A. Prokhorova
MAPPING OF MILITARY CONFLICTS IN AFRICA 179

Sergey M. Burkov, Igor P. Loginov, Sergey Z. Savin
GEOINFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF ETHNO-CRIMINOLOGICAL SITUATION IN PRIAMURYE 194

Andrey M. Karpachevskiy, Oksana G. Filippova
OPPORTUNITIES OF POWER SYSTEMS' EMERGENCY MAPPING BASED ON OPEN DATA 202

Svetlana V. Badina
MODELING OF THE SOCIAL-ECONOMIC POTENTIAL DENSITY FIELD FOR TERRITORIAL VULNERABILITY ASSESSING TO NATURAL HAZARDS (CASE STUDY – RUSSIAN ARCTIC, NORTH CAUCASUS AND SOUTHERN SIBERIA) 212

Svetlana V. Nikolenko, Vera Yu. Shirshova
GEOINFORMATION SUPPORT OF CREATION OF THE SINGLE ELECTRONIC CARTOGRAPHIC BASIS OF THE UNIFORM STATE REGISTRY OF REAL ESTATE AND DETERMINATION OF ACTUAL BORDERS OF LAND USE ON AN EXAMPLE OF SEVERAL DISTRICTS OF TULA REGION 222

Ali R. Alyautdinov, Vladimir N. Semin, Liudmila A. Ushakova
DEVELOPMENT OF SECTION "WATER TRANSPORT" WITHIN THE FRAMEWORK OF THE GEOINFORMATION RESOURCE "TRANSPORT SYSTEM OF RUSSIA" 229

Elena I. Golubeva, Yulia V. Zaika, Nadezhda I. Tulskaya
RUSSIAN SINGLE-INDUSTRY TOWNS: FORMATION, PRESENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT 240

Maria A. Kargashina
GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF URBAN DEVELOPMENT: ACTUAL STATE AND HIGHLIGHTS OF DEVELOPMENT 253

Pavel E. Kargashin, Boguslav A. Novakovsky, Anna I. Prasolova
VISUAL INTERPRETATION OF OIL AND GAS CONDENSATE FIELD FACILITIES FROM LANDSAT IMAGES 262

Egor A. Prokopyev, Natalya V. Krutskih, Pavel A. Ryazantsev, Natalya A. Roslyakova
DATA MINING FOR MODELING THE CLIMATE INFLUENCE ON THE ECONOMY (IN THE CASE OF LOGGING IN THE REPUBLIC OF KARELIA) 273

V. Shekov, P. Jalas, J. Joutsenvaara, J. Kisiel, M. Laaksoharju, W. Pytel, D. Horner, H. Mischo, R. Giese, V. Mockus, J. Szabelski, V. Gostilo, A. Stepanov, T. Lindborg, V. Karu, H. Ahola
BSUIN PROJECT AS AN INNOVATIVE PLATFORM FOR MINING&INDUSTRIAL UNDERGROUND HERITAGE INVESTIGATION IN RUSSIA 285

GEOINFORMATICS AND MAPPING IN NATURE PROTECTION AND SECURITY OF ENVIRONMENTAL SAFETY

Pavel V. Druzhinin, Nikolay N. Filatov, Marina V. Moroshkina, Olga V. Derusova, Olga V. Potasheva
MODELING AND SPATIAL ANALYSIS OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONDITION OF THE WHITE SEA RESERVOIR 297

Boris I. Kochurov, Alexander Yu. Karandeev
URBAN SPACE GEOECOLOGICAL MAPPING AND ASSESSMENT WITH VECTOR FISHNET GIS ANALYSIS 310

Vladimir V. Fomin, Nikolay A. Diansky, Tatiana Yu. Vyruchalkina
APPROVAL OF THE OPERATIONAL DIAGNOSE AND FORECASTING SYSTEM OF HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS FOR CASPIAN SEA 321

Andrey M. Karpachevskiy
CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR PRELIMINARY STUDIES OF POWER LINE ROUTE SELECTION 334

Andrew N. Beshentsev, Darima Ts. Tsibudeeva
GEOINFORMATION MONITORING OF WATER USE IN LAKE BAIKAL BASIN 341

Oleg D. Vasilyev, Sergey V. Chistov
RESEARCHING AND CREATING MAPS OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF FOREST IN MOSCOW REGION: THE METHOD AND RESULTS 348

Vyacheslav S. Kulikov, Sergey A. Svetov, Aleksandra V. Stepanova, Victoria V. Kulikova, Anatoliy K. Polin, Maksim A. Gogolev
GEOINFORMATION SYSTEM "GEOLOGY OF SOUTHEASTERN FENNOSCANDIA": PROSPECTS FOR ITS USE IN COMPILING STATE GEOLOGICAL MAPS AND ENVIRONMENTAL PROTECTION 368

Vasiliy V. Dmitriev, Alexander N. Ogurtsov, Aleksey V. Rusakov, Yuri L. Mashkin, Ilya M. Petrov
FEATURES OF THE SPATIAL STRUCTURE OF SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS AT THE SITE DESIGN OF THE SECOND STAGE OF MSW LANDFILL OF GREAT NOVGOROD'S 382

Irina A. Zamkina, Sergey A. Teslenok, Kirill S. Teslenok
EVALUATION OF THE RESULTS OF GEOINFORMATION-KARTOMETRIC ANALYSIS OF THE FOREST SQUARE OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA 394

Natalya V. Krutskikh, Viktor L. Mironov, Pavel A. Ryazantsev
THE USE OF GIS-TECHNOLOGIES FOR MIRE STUDIES 405

Olga V. Krymskaya, Maria G. Lebedeva, Maria A. Petina
INTRA-ANNUAL VARIABILITY OF METEOROLOGICAL POTENTIAL OF SELF-PURIFICATION ATMOSPHERIC AIR IN THE BELGOROD REGION 419

Nataliya V. Malysheva, Tatiana A. Zolina, Boris N. Moiseev
GIS SUPPORT THE METHODS FOR ASSESSMENT OF CARBON SEQUESTRATION CAPACITY IN THE RUSSIAN FORESTS 426

Alexander N. Ogurtsov, Vasiliy V. Dmitriev, Vladimir Yu. Razzhivin
RESISTANCE OF THE SOIL COVER OF THE ISLAND OF SAKHALIN TO POLLUTION BY OIL HYDROCARBONS: INTEGRATED ASSESSMENT AND GEOINFORMATION ANALYSIS 437

Lyubov N. Trofimetz, Evgeny A. Panidi, Boris I. Kochurov, Taras L. Ivaneha, Anatoly I. Petelko
ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES OF CHERNOBYL ORIGIN CESIUM-137 USE AS AN SOIL NUTRIENTS (MOVABLE PHOSPHORUS) LOSS DUE TO EROSION 450

Ivan S. Voskresensky, Alexander A. Suchilin, Liudmila A. Ushakova
GEOINFORMATION ECOLOGO-GEOMORHOLOGICAL STUDY OF THE RESERVOIR TANK STORAGE ON TRUNK PIPELINE 462

Anna A. Gosteva, Marina G. Erunova, Anastasia P. Savchenko
GEOINFORMATION MAPPING OF THE DYNAMICS OF THE FOREST FORMATION COMPOSITION AT THE STOLBY RESTRICTED NATURE RESERVES 475

GIS AND CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE AND TOURISM

Petr V. Boyarsky, Anatoly I. Elchaninov
CULTURAL, RELIGIOUS AND NATURAL HERITAGE IN THE NATIONAL ARCTIC ATLAS 485

Olga I. Markova
IMAGES OF THE RUSSIAN NORTH IN THE ART AND GRAPHIC SUPPORT OF THE ATLAS OF THE ARCTIC 501

Irina N. Tikunova, Anastasiya E. Sudakova
POTENTIAL AND PROSPECTS OF TOURISM DEVELOPMENT IN THE SILK ROAD COUNTRIES 516

Giovanni Nico , Olimpia Masci, Evgeny Panidi
NON-DESTRUCTIVE MONITORING STRATEGIES OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS AND TANGIBLE CULTURALE HERITAGE BASED ON GROUND-BASED SAR INTERFEROMETRY 528

Alexey N. Gunya, Andrei B. Efimov
TO THE RATIONALE OF THE CONCEPT OF THE ORTHODOX ATLAS OF RUSSIA 536

Tatiyana A. Andreeva, Maria V. Litvinova
FEATURES FAITH-BASED MAPPING FOR THE PURPOSE OF PRESERVING HISTORICAL-CULTURAL HERITAGE AND TOURISM 548

Olga S. Romanova, Olga A. Lazebnik
THE STRUCTURE AND CONTENT OF DIGITAL MAPS COLLECTION OF YAKUTIA (XVII – BEGINNING OF XX CENTURIES) 562

Viktoriya V. Filippova
HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE OF THE INDIGENOUS PEOPLES OF THE NORTH OF YAKUTIA: CARTOGRAPHIC SUPPORT OF ETHNOLOGICAL EXPERTISE 568

Elena P. Shtelmakh, Alexey N. Gunya
GIS OF SUPPORT OF DEVELOPMENT OF TOURIST AND RECREATIONAL BRANCH IN LANDSCAPES OF VARIOUS DEGREES OF MANAGEMENT 575

Marina V. Gribok
ON THE POSSIBILITY OF USING DATA ON GEOLOCATED PHOTOS IN THE RESEARCH OF TOURIST ATTRACTIVENESS OF ROADSIDE LANDSCAPES (EXEMPLIFIED BY THE CHUYA HIGHWAY) 588

СЕРИЯ КОНФЕРЕНЦИЙ ИНТЕРКАРТО/ИНТЕРГИС

ИнтерКарто 1 – Москва, 23–25 мая 1994 г.
ИнтерКарто 2 – Иркутск, 26–29 июня 1996 г.
ИнтерКарто 3 – Новосибирск, 27–31 января 1997 г.
ИнтерКарто 4 – Барнаул, 1–4 июля 1998 г.
ИнтерКарто 5 – Якутск, 17–19 июня 1999 г.
ИнтерКарто 6 – Апатиты, 22–24 августа 2000 г.
ИнтерКарто 7 – Петропавловск-Камчатский, 30 июля – 1 августа 2001 г.
ИнтерКарто 8 – Хельсинки (Финляндия), Санкт-Петербург, 28 мая – 1 июня 2002 г.
ИнтерКарто 9 – Новороссийск, Севастополь (Украина), 25–29 июня 2003 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 10 – Владивосток, Чанчунь (Китай), 12–19 июля 2004 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 11 – Ставрополь, Домбай, Будапешт (Венгрия), 25 сентября – 3 октября 2005 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 12 – Калининград, Берлин (Германия), 25–31 августа 2006 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 13 – Ханты-Мансийск, Йеллоунайф (Канада), 12–24 августа 2007 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 14 – Саратов, Урумчи (Китай), 24 июня – 1 июля 2008 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 15 – Пермь, Гент (Бельгия), 29 июня – 5 июля 2009 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 16 – Ростов-на-Дону, Зальцбург (Австрия), 3–8 июля 2010 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 17 – Белокуриха, Алтайский край, Денпасар (Индонезия), 14–19 декабря 2011 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 18 – Смоленск, Сен-Дье-де-Вож (Франция), 26 июня – 4 июля 2012 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 19 – Курск, Богота (Колумбия), 2–7 февраля 2013 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 20 – Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 23 июля – 6 августа 2014 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 21 – Краснодар, Сочи, Сува (Фиджи), 12–19 ноября 2015 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 22 – Веллингтон (Новая Зеландия), Мельбурн (Австралия), Протвино (Московская обл.), 31августа – 14 сентября 2016 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 23 – Южно-Сахалинск, Сеул (Республика Корея), Вашингтон (США), 26 июня – 7 июля 2017 г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 24 – Петрозаводск, Бонн (Германия), Анкоридж (США), 19 июля – 1 августа 2018 г.

INTERCARTO/INTERGIS CONFERENCE SERIES

InterCarto 1 – Moscow, May 23–25, 1994
InterCarto 2 – Irkutsk, June 26–29, 1996
InterCarto 3 – Novosibirsk, January 27–31, 1997
InterCarto 4 – Barnaul, July 1–4, 1998
InterCarto 5 – Yakutsk, June 17–19, 1999
InterCarto 6 – Apatity, Murmansk Province, August 22–24, 2000
InterCarto 7 – Petropavlovsk-Kamchatsky, July 30 – August 1, 2001
InterCarto 8 – Helsinki (Finland), St.-Petersburg, May 28 – June 1, 2002
InterCarto 9 – Novorossijsk, Sevastopol (Ukraine), June 25–29, 2003
InterCarto/InterGIS 10 – Vladivostok, Changchun (China), July 12–19, 2004
InterCarto/InterGIS 11 – Stavropol, Dombai, Budapest (Hungary), September 25 – October 3, 2005
InterCarto/InterGIS 12 – Kaliningrad, Berlin (Germany), August 25–31, 2006
InterCarto/InterGIS 13 – Khanty-Mansiysk, Yellowknife (Canada), August 12–24, 2007
InterCarto/InterGIS 14 – Saratov, Urumqi (China), June 24 – July 1, 2008
InterCarto/InterGIS 15 – Perm, Ghent (Belgium), June 29 – July 5, 2009
InterCarto/InterGIS 16 – Rostov-on-Don, Salzburg (Austria), July 3–8, 2010
InterCarto/InterGIS 17 – Belokurikha, Denpasar (Indonesia), December 14–19, 2011
InterCarto/InterGIS 18 – Smolensk, St. Die des Vosges (France), June 26, – July 4, 2012
InterCarto/InterGIS 19 – Kursk, Bogota (Colombia), February 2–8, 2013
InterCarto/InterGIS 20 – Belgorod, Kharkov (Ukraine), Kigali (Rwanda), Nairobi (Kenya), July 23 – August 6, 2014
InterCarto/InterGIS 21 – Krasnodar, Sochi, Suva (Fiji), November 12–19, 2015
InterCarto/InterGIS 22 – Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino (Moscow Region), August 31 – September 14, 2016
InterCarto/InterGIS 23 – Yuzhno-Sakhalinsk, Seoul (Republic of Korea), Washington DC (USA), June 26 – July 7, 2017
InterCarto/InterGIS 24 – Petrozavodsk, Bonn (Germany), Anchorage (USA), July 19 – August 1, 2018

ИнтерКарто/ИнтерГИС

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Международной конференции
Петрозаводск (Россия), Бонн (Германия), Анкоридж (США)

19 июля – 1 августа 2018 г.

Том 24

Часть 1

Оформление обложки *К.В. Саутенков*
Редакторы *Е.В. Азоркина, Л.В. Кабанова, М.А. Радостина*
Компьютерная верстка *Н.Н. Сабанцева, М.И. Федорова*

Подписано в печать 14.06.2018 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 62,9. Усл. п. л. 70,45. Тираж 300 экз. Заказ № 496.

Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Редакционно-издательский отдел
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50