

УДК 556 (470.2)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Н. Н. Филатов

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Рассмотрены актуальные водные проблемы Европейского Севера России, в решении которых участвовал ИВПС КарНЦ РАН в последние 5 лет. Показаны перспективы дальнейшего решения фундаментальных и практических вопросов водохозяйственного комплекса региона.

Ключевые слова: водные ресурсы, модели, методы наблюдения, экспертные системы, совершенствование методов изучения, управления ресурсами.

N. N. Filatov. MODERN WATER PROBLEMS OF THE NORTH OF EUROPEAN RUSSIA

Current water problems of the North of European Russia were under consideration. The methods to deal with them are indicated. The most important tasks, methods developed by the Northern Water Problems Institute over the past 5 years are reported. Potential ways for further development of the basic and applied issues of the water sector in the region are presented.

Key words: water resources, models, observation techniques, expert systems, improvement of water management systems.

К вопросу о приоритетных направлениях развития наук о воде

Развитие наук о воде, включающих широкий спектр фундаментальных и прикладных вопросов, сталкивается с выбором так называемых приоритетных научных направлений, которые будут поддерживаться государством в будущем. Указанная проблема выбора приоритетов не имеет простого решения. Важно понять, какие из направлений (помимо информационных, инновационных, нанотехнологических и др.) будут относиться к числу «прорывных», насколько фундаментальные и прикладные исследования функционирования, рационального использования, охраны озерных и морских систем, проводимые сегодня организациями Академии наук, будут востребованы в будущем.

Важность и перспективность изучения водных систем, в том числе и с практической точки

зрения, может быть показана на примере исследований, проводимых Институтом водных проблем Севера Карельского научного центра РАН совместно со специалистами других институтов страны. Ряд направлений представлен в данном выпуске трудов КарНЦ РАН, другие, в том числе и перспективные, опубликованы в статьях и монографиях сотрудников и упомянуты также в настоящей статье.

Основные направления деятельности ИВПС КарНЦ РАН, утвержденные Президиумом РАН, включают выявление фундаментальных закономерностей функционирования озерно-речных и морских систем, прогнозирование их изменчивости под влиянием природных и антропогенных факторов, развитие научных основ управления водными ресурсами; оценку состояния водных ресурсов и водно-экологического потенциала территории, устойчивости водных объектов к антропогенным воздействи-

ям (целлюлозно-бумажной, металлургической и горнодобывающей промышленности, лесных вырубок, сельскохозяйственной и лесной мелиорации, объектов нефтяной и газовой промышленности) в условиях Европейского Севера России.

Состояние водных ресурсов как важный фактор социально-экономического развития Европейского Севера России

Как показывают исследования ИВПС КарНЦ РАН, водные ресурсы не лимитируют развития экономики региона [Водные ресурсы..., 2006], однако имеется целый ряд нерешенных проблем, связанных с необходимостью выявления фундаментальных закономерностей функционирования озерно-речных и морских систем, прогнозирования их изменчивости и совершенствования системы управления водными ресурсами, включая экономические механизмы водопользования и его безопасность, научного обоснования повышения надежности водообеспечения. Эти проблемы были отмечены как наиболее важные для совершенствования водохозяйственного комплекса России на всероссийской конференции «Проблемы безопасности в водохозяйственном комплексе России», которая состоялась в 2010 г. в Краснодаре [Данилов-Данильян, 2010], а также в документе Правительства РФ [Водная стратегия Российской Федерации, 2009].

В последние годы дискутируется вопрос дальнейшего использования богатых водных ресурсов РФ. Рассматриваются возможности продажи вод в другие страны [Румянцев, 2009]. Обоснование неэффективности как продажи воды, так и перераспределения стока рек показано в работе [Данилов-Данильян, 2010], в которой доказывается, что экономически выгодным является не продажа водных ресурсов, а создание и реализация водоемкой продукции. Очевидно, что для каждого региона России водные проблемы должны решаться дифференцированно. В частности, Республика Карелия – один из самых обеспеченных водными ресурсами регионов – уже сейчас испытывает большую нагрузку на водные объекты от воздействия предприятий, выпускающих водоемкую продукцию (целлюлозно-бумажная промышленность, производство алюминия и железорудных окатышей, энергетика) [Состояние водных объектов..., 2007]. Выход из сложного положения с рациональным использованием и охраной водных ресурсов, обеспечением населения отдельных регионов и в целом РФ качественной питьевой водой

возможен при реализации конкретных взаимосвязанных мероприятий в рамках общенациональной программы действий, рассчитанной на достаточно долгий период, с участием государственных органов власти, местного самоуправления, водопользователей, науки, общественности, всех заинтересованных сторон. В 2009 г. в Республике Карелия при участии ИВПС КарНЦ РАН было подготовлено научное обоснование новой Концепции программы обеспечения населения РК чистой водой. При разработке концепции учитывались положения руководящего документа «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г.» [2009]. Выполненные ИВПС КарНЦ РАН работы позволили не только обеспечить ряд населенных пунктов Карелии чистой питьевой водой, но и создали информационную базу для комплексного решения проблемы обеспечения населения РК чистой водой. Накопленный опыт может быть полезен и для других регионов России [Водные ресурсы..., 2006].

Совершенствование водохозяйственного комплекса, картирование, инвентаризация, оценка состояния водных объектов ЕТР

В ИВПС КарНЦ РАН развиваются подходы по совершенствованию водохозяйственного комплекса, картированию, инвентаризации, оценке состояния водных объектов ЕТР, реализован ряд практических проектов по обеспечению населения питьевой водой высокого качества. В институте создана и внедрена в органы управления Республики Карелия специализированная геоинформационная система «Водные объекты на территории РК» как подсистема единой ГИС Республики Карелия, обеспечивающая формирование, ведение и представление тематической информации по водному фонду региона [см. ст. А. В. Литвиненко, М. С. Богдановой в наст. номере]. В ИВПС выполнены обобщения по разработке каталога озер и рек, атласа «Онежское озеро» [2010] и справочника «Озера Карелии» [2011], разработке современных баз и банков данных с их государственной регистрацией. Указанные разработки могут служить прототипом для создания подобных продуктов для организаций, принимающих решения в сфере водных отношений других регионов РФ. В ИВПС КарНЦ РАН выполнены разработки методов расчета изменений элементов водного баланса при мелиорации [см. ст. И. М. Нестеренко в наст. номере], лесохозяйственных и лесопромышленных работах [Карпечко, Бондарик, 2010].

Совершенствование методов оценки состояния и разработки систем поддержки принятия решений в сфере управления ресурсами водоемов

Практика ставит перед комплексом наук о воде (лимнологией, гидрологией, гидрогеологией, океанологией) задачу оптимального управления ресурсами, экологическими системами, для решения которой традиционные методы, которые использовались в XX в., сейчас оказываются недостаточными. Возрастает роль математического моделирования, без которого невозможно обоснование и решение практических задач сохранения, использования и управления ресурсами. При этом о состоянии управляемой экосистемы можно судить только по данным наблюдений, которые никогда не бывают полными и исчерпывающими, а отдельные величины вообще не поддаются непосредственному измерению [Филатов, Меншуткин, 2008]. Многие важные для понимания функционирования озерной экосистемы и прогнозирования ее поведения сведения обычно определяют на основе фундаментальных исследований, и в первую очередь с использованием моделей [Руховец и др., 2006; Меншуткин, 2010] и целенаправленных экспериментов [Лозовик, 2006; Состояние водных объектов..., 2007; Калинкина, Куликова, 2009].

В СПб ЭМИ РАН продолжают разработку логико-лингвистических моделей [см. ст. В. В. Меншуткина в наст. номере], а также «обобщающей модели озерной системы» с помощью когнитивных подходов. Смысл когнитивного подхода состоит в том, что моделируется не сам изучаемый объект, а то, как этот объект отображается в сознании людей, хорошо знающих и имеющих опыт в изучении данного объекта [Баксанский и др., 2010]. Озера Карелии представляются удобным объектом для опробования нового для лимнологии подхода – когнитивного моделирования – благодаря разнообразию их характеристик и хорошей изученности, наличию компьютерной базы данных и разработанной экспертной системы.

Цикл работ ИВПС КарНЦ РАН посвящен созданию экспертных систем (ЭС) с использованием теории искусственного интеллекта. В ряде статей [Филатов, Меншуткин, 2008; Меншуткин и др., 2009] представлены разработки ЭС для классификации малоизученных или неизученных озер, оценки их трофии. Создан блок экспертной системы для оценки ихтиоценозов. Для этого используются базы данных и базы знаний о наиболее распространенных рыбах Карелии и предлагается модель сообщества рыб, основанная на принципе трофической сети. Система позволяет

не только оценить ихтиомассы и возрастную структуру популяций, но и определить рациональные пути промыслового использования сообщества для получения максимального вылова и сохранения биологического разнообразия. Основным результатом работы заключается в том, что продемонстрирована важность экосистемного подхода к определению оптимальных режимов промысла. Объектом эксплуатации должна быть не отдельная популяция промысловой рыбы, а все сообщество рыб данного водоема.

Модели, упомянутые выше, являются фрагментами экспертной системы по определению свойств и оптимизации использования природных ресурсов озер Карелии. При соединении с банком данных, созданным в ИВПС КарНЦ РАН [Озера Карелии, 2011], модели сообществ рыб, населяющих эти озера, представляют собой аппарат не только для уточнения, например, рыбной продуктивности данных водоемов, но и для построения планов их рационального хозяйственного использования.

Практика XXI в. спрашивает у специалистов-водников не как оценить, измерить биоразнообразие природных сообществ, а как его сохранить или изменить видовой состав в желаемом направлении; не как измерить продукцию популяций зоопланктона или промысловых рыб (что, конечно, само по себе очень интересно), а сколько и как следует ловить рыбу, чтобы при получении максимальных выловов не только не подорвать промысловые запасы, но и не нарушить всю экологическую систему водоема.

Совершенствование моделей экосистем возможно несколькими путями. При создании моделей водных объектов самым важным «...является разработанность концепции и доброкачественность исходных данных. Никакие самые совершенные вычислительные машины и методы прикладной математики не спасут положения, если наблюдения на водоеме велись бессистемно» [Меншуткин, 2010]. Таким образом, для изучения озерных систем сохраняет свою актуальность постановка направленных экспериментов на водоемах с использованием традиционных, классических подходов, а также с применением дистанционных методов, моделирования, современных разработок в области искусственного интеллекта, экспертных систем.

Оценка современного состояния и изменений экосистем разнообразных озер Севера и специализированные натурные эксперименты

Изучению современного состояния и изменений экосистем разнообразных озер Севера

были посвящены специализированные натурные эксперименты, выполненные за последние пять лет на Онежском озере, Выгозерском водохранилище и других озерах Севера. Ряд работ по этому направлению исследований ИВПС КарНЦ РАН представлены в настоящем издании. Выполняется большой цикл работ по изучению процессов трансформации, круговорота и образования веществ в природных водах [см. ст. П. А. Лозовика и др. в наст. номере], особенностей реакции биоты на антропогенные воздействия [см. ст. Н. М. Калинин и др. в наст. номере], по оценке донных отложений [Белкина и др., 2008; см. ст. Н. А. Белкиной в наст. номере]. Актуальными являются вопросы оценки современного состояния, прогноза изменений водных систем (озер, озерно-речных систем, подземных вод, Белого моря) при климатических и антропогенных воздействиях. Важными остаются вопросы изменения водных систем при закислении, эвтрофировании и загрязнении токсическими веществами [см., например, Лозовик и др., 2007; Теканова, Тимакова, 2007]. С использованием методов лабораторного моделирования и анализа натуральных данных впервые определены кинетические характеристики круговорота соединений азота в природных водах, позволяющие количественно оценить интенсивность их трансформации в объектах гидросферы [Лозовик, 2006; см. ст. П. А. Лозовика и др. в наст. номере].

Оценка биоразнообразия, последствий биологических инвазий и биоресурсов водных экосистем Севера

Этим вопросам в ИВПС уделяется серьезное внимание [Биоресурсы..., 2008; Кухарев и др., 2008]. Совместно с ИБ КарНЦ РАН разработана и опубликована обобщающая сводка по альгофлоре водных экосистем Карелии, включающая систематический каталог (1092 таксона) и эколого-географические характеристики современных представителей водорослей 190 озер и 83 рек, как чистых, не затронутых хозяйственной деятельностью, так и подверженных основным для региона типам антропогенного воздействия. Актуальность данной сводки определяется необходимостью решения проблемы сохранения биоразнообразия альгофлоры северо-западного региона России [Комулайнен и др., 2006]. Важным является создание системы оценки и рационального использования биоресурсного потенциала водных объектов северо-запада России на основе изучения региональной специфики их структуры и функционирования [Биоресурсы..., 2008]. Большое

внимание уделяется исследованию водосборов Белого и Балтийского морей и влиянию хозяйственной деятельности на водные объекты.

Состояние и прогноз изменений экосистем крупнейших озер Европы

В ИВПС КарНЦ РАН уделяется большое внимание оценке состояния и прогнозу изменений экосистем крупнейших озер Европы – безальтернативных источников питьевого водоснабжения Санкт-Петербурга, многих городов и населенных пунктов Республики Карелия, Ленинградской области, важных источников биологических ресурсов, рекреации, водного транспорта, энергетики. По данным многолетних наблюдений и математического моделирования (совместно с сотрудниками СПб ЭМИ РАН и ИНОЗ РАН) выполнен анализ состояния и возможных изменений экосистем Ладожского и Онежского озер под влиянием изменений климата и антропогенной деятельности [Rukhovets, Filatov, 2010]. Обобщение результатов исследований формирования фауны Онежского и Ладожского озер представлено в работах З. С. Кауфмана [см. его ст. в наст. номере].

Вопросы правовых и экономических методов регулирования, сохранения, использования водных и биологических ресурсов водоемов

В последние десятилетия интерес к проблеме управления экологическими системами значительно возрос: от теоретических соображений исследователи начали переходить к вопросам оптимального управления конкретными природными водными объектами [Данилов-Данильян и др., 2010]. Для обоснования сохранения, управления водными и биологическими ресурсами необходимо вместе с правовыми и административными подходами использовать экономические методы регулирования. Правовым вопросам использования водных и биологических ресурсов водоемов Севера посвящены работы А. А. Лукина с коллегами [Лукин, Глибко, 2009; см. ст. О. Я. Глибко в наст. номере]. Для решения проблем регулирования экосистем, внедрения экономических механизмов были разработаны такие определяющие понятия, как экономическая оценка природных ресурсов, экономический ущерб от загрязнения природной среды, ассимиляционный потенциал. Этому вопросу посвящены работы коллективов СПб ЭМИ РАН и ИВПС КарНЦ РАН по

изучению ассимиляционного потенциала Ладожского и Онежского озер [Ruchovets, Filatov, 2010; см. ст. Л. А. Руховца, Н. Н. Филатова в наст. номере].

Учитывая приграничное положение Карелии с Европейским союзом, наличие многочисленных трансграничных водных объектов, важно продолжать развитие методов классификации, регулирования водных объектов с учетом законодательства ЕС и РФ.

Изменения и изменчивость климата в регионе и реакции водных объектов и водосборов на эти изменения

Важный цикл работ проводится институтом по изучению изменений климата в регионе и реакции водных объектов и водосборов на эти изменения [Филатов и др., 2007; Ruchovets, Filatov, 2010]. Рассматриваются вопросы комфортности климата региона для проживания населения [см. ст. Л. Е. Назаровой в наст. номере]. Этот вопрос имеет не просто научный интерес, но и практическое значение, например, для определения обоснованности так называемых «северных» льгот. До сих пор не решены остаются вопросы влияния климата и качества используемых вод на здоровье населения. Для этого необходима реализация программы специальных научных исследований, проводимых совместно с органами здравоохранения, Росгидромета и других организаций. Эта работа должна завершиться созданием медико-географического атласа и обоснованием рекомендаций для принятия практических мер по улучшению здоровья населения региона.

Исследования и разработки в области гидрофизики и гидродинамики

Немаловажна роль озер и для решения общих проблем современной геофизики. Как известно, крупные озера могут рассматриваться как модель океана, где легче, чем в океане, поставить некоторые эксперименты, например, для калибрации и верификации термогидродинамических моделей, разработки и внедрения новых спутниковых методов, исследования таких важных явлений, как апвеллинги, фронты, когерентные структуры, грибовидные образования, внутренние волны, в том числе и нелинейные, и др. В последние годы ИВПС в рамках международного проекта выполнил исследования нелинейных внутренних волн, результаты которых будут опубликованы в коллективной монографии в издательстве Springer в 2011 г. [Strongly nonlinear internal waves in lakes...]. От-

метим участие ИВПС во внедрении моделей оперативного мониторинга для Белого моря, разработанных в ИО РАН [Семенов, Булатов, 2010]. Эта система востребована для решения задач обороны, водного транспорта, гидрометеорологии, оценки распространения и трансформации нефтепродуктов при их разливах, прокладки коммуникаций, обоснования выбора районов для разведения марикультуры и ряда других задач.

Впервые в мировой лимнологической практике на основе многолетних экспериментальных исследований с использованием современного прецизионного оборудования получено количественное описание динамики вертикальной структуры температуры воды и содержания растворенного кислорода, а также потоков тепла из/в донные отложения в годовом цикле для мелководного озера [Terzhevik et al., 2009]. Разработанная одномерная модель динамики температуры воды и условий перемешивания в озерах «FLake» сейчас широко используется ведущими метеоцентрами Европы для улучшения численного прогноза погоды [Mironov et al., 2010].

Стратегические задачи комплекса наук о воде

Стратегическая задача комплекса наук о воде состоит в *создании теории динамики водных систем, способной к практическому прогнозированию не только в обычных, но и в экстремальных ситуациях* [Арктика. Интересы России. 2002; Веселов, Чуприян, 2011]. Сегодня уже мало изучать влияние человека на экосистемы, требуется переход к изучению взаимодействия человека и природы. Это породило необходимость разработки представлений о *социо-эколого-экономических системах*. Указанное направление получило развитие в ИВПС при разработке подходов к изучению Белого моря и его водосбора как социо-эколого-экономической системы как в рамках проектов ФЦП «Мировой океан» [Филатов и др., 2005], так и в рамках проектов ИНКО-Коперникус и ОНЗ РАН [White Sea, 2005; Филатов, Терзевик, 2007]. Белое море – единственное море, полностью находящееся в пределах Российской Федерации, – может быть своеобразным полигоном для отработки решений разнообразных фундаментальных и прикладных проблем, задач обороны, транспорта, энергетики, социально-экономического развития Севера, освоения ресурсов Арктики.

Системные исследования позволили оценить современные социально-экономические и экологические проблемы Беломорья и их дина-

мику при разном комплексе условий. Эта работа – лишь этап дальнейшего развития исследований социо-экономико-экологических систем Беломорья. Предложенная разработка – единственная на сегодняшний день функционирующая система для Беломорья, которая может использоваться в качестве основы для создания комплекса поддержки принятия решений, научного обоснования реализации практических мер по сохранению качества вод моря. Практическая реализация системы поддержки принятия управленческих решений, подобной системе «NEST» для Балтийского моря [Wulff et al., 2007], потребует, по всей видимости, создания новой комплексной ФЦП для Беломорья. Важнейшая задача такой программы – создание комплексного полигона (станции) на Белом море, где можно выполнять полноценные междисциплинарные исследования с привлечением необходимых средств и возможностей заинтересованных организаций, таких как РАН, Росгидромет, Минтранс, МЧС, Минобороны и др. В настоящее время ни одна из существующих на Белом море станций (баз, полигонов) не приспособлена для решения сложных, междисциплинарных проблем. Целевые установки новой федеральной программы должны быть направлены не только на разработку новейших технологий для создания системы поддержки принятия решений при освоении ресурсов Арктики, но и способствовать возрождению такого важного региона Севера России, как Беломорье [Филатов и др., 2011].

Отметим также такое направление работ ИВПС КарНЦ РАН, как участие в оценке возможных проблем для окружающей среды строительства Штокманского магистрального газоконденсатного трубопровода через Кольский полуостров и Карелию.

ИВПС КарНЦ РАН принимает участие в ряде крупных проектов, имеющих практическое и теоретическое значение, в частности, в изучении изменения состояния озер под влиянием климата в Антарктиде; международной экспертизе по изучению влияния городских стоков на прибрежную зону Гавайских островов [Бондур и др., 2007]; оценке влияния горнопромышленных комплексов района г. Костомукши, предприятий ЦБП и других производств на водные экосистемы [см. статьи Н. М. Калинкиной и др.; Н. Е. Кулаковой, П. А. Лозовика в наст. номере].

Достаточно большой интерес к разработкам ИВПС КарНЦ РАН совместно с другими организациями Академии наук подтверждается тем, что результаты исследований опубликованы (одна монография в печати) не только в России, но и в ведущих научных изданиях Мира, в

частности в пяти монографиях издательства «Springer-Praxis».

Перспективы решения проблем развития наук о воде

Отмечая определенные достижения в решении актуальных водных проблем Севера, заметим:

- к числу актуальных и перспективных относятся вопросы разработки методов определения критических антропогенных нагрузок на пресноводную гидросферу; критериев и технологий оценки геоэкологического состояния пресноводных и морских водоемов (Ладожское и Онежское озера, Сямозеро, Водлозеро и др., Белое море); выявление конфликтов природопользования для разработки региональных эколого-экономических механизмов управления в условиях Севера; анализ природных и социально-экономических ресурсов развития территориальных комплексов России на примере комплексов Севера ЕТР;

- необходимо усилить исследования по созданию социо-экономико-экологических моделей, которые все более востребованы для принятия управленческих решений;

- важным остается совершенствование методов оценки качества и поиска поверхностных и подземных вод для питьевого, рекреационного и рыбохозяйственного использования водоемов, для обоснования перспективного развития северных территорий РФ, выяснения механизмов эволюции физиологических функций и адаптации организма к изменяющимся условиям среды обитания и экстремальным воздействиям;

- необходимо продолжить совершенствование системы оперативной оценки состояния, мониторинга и экспресс-систем биоиндикации водных объектов с использованием аэрокосмических средств, информационных сетей для подготовки рекомендаций органам власти при принятии оперативных решений, в том числе в кризисных и чрезвычайных ситуациях;

- требуется обоснование перспектив развития марикультуры, морских водорослей и форелевых хозяйств на Белом море; необходима оценка ассимиляционного потенциала экосистем озер Карелии под влиянием многочисленных форелевых хозяйств (в Карелии сейчас выращивается около 80 % товарной форели России);

- несмотря на то что имеются серьезные разработки в области математического моделирования термогидродинамических процессов и явлений экосистем Белого моря, Ладожского и Онежского озер, до сих пор не созданы

модели, доступные для широкого круга пользователей, наподобие, например, Принстонской модели (POM). Имеющиеся в нашем распоряжении модели работают, как правило, «в руках» создателей. Представляется целесообразным объединить усилия ведущих организаций РАН для разработки таких инструментов и их внедрения для пользователей, решения практических задач оценки состояния, рационального использования и охраны водных экосистем;

– необходимо активизировать участие организаций РАН в области совершенствования законодательства для рационального использования и охраны водоемов, требуется не только выполнить научное обоснование, но и обеспечить практическое восстановление озер – проблема, которой в нашей стране не уделялось достаточно внимания;

– весьма актуальным представляется разработка научного обоснования, проектирования и строительства на Белом море и других арктических морях приливных станций, учитывая сложную проблему энергетики РФ.

Дальнейшее эффективное развитие науки в нашей стране, в том числе и в области наук о воде, возможно только при создании условий для привлечения молодежи в академический сектор науки. В определенной степени этому способствует создание при академических учреждениях научно-образовательных центров. Такой НОЦ «Водные объекты Карелии и методы их исследования», созданный в 2002 г., успешно функционирует [Водная среда..., 2010]. Однако, учитывая комплексный характер необходимых исследований с привлечением специалистов океанологов, гидрологов, гидрогеологов, гидрохимиков, которых готовят только в таких специализированных учебных заведениях, как РГГМУ, а также в Санкт-Петербургском и Московском университетах (перспективы подготовки которых в нашем регионе отсутствуют), можно утверждать, что меры по созданию условий для работы молодых ученых в РАН в настоящее время недостаточны.

Науки о воде являются комплексными, междисциплинарными, и для решения фундаментальных проблем необходимо тесное сотрудничество хорошо подготовленных специалистов, объединенных единой идеей и задачей, пусть даже работающих в разных организациях и разных странах. Такой подход реализуется в настоящее время и остается перспективным для ИВПС КарНЦ РАН.

Автор благодарит В. И. Кухареву и А. Ю. Терзевика за конструктивные предложения, которые позволили улучшить статью.

Литература

Арктика. Интересы России и международные условия их реализации. М.: Наука, 2002. 335 с.

Баксанский О. Е., Гнатик Е. Н., Кучер Е. Н. Естествознание. Современные когнитивные концепции. М., 2010. 224 с.

Белкина Н. А., Рыжаков А. В., Тимакова Т. М. Распределение и трансформация нефтяных углеводородов в донных отложениях Онежского озера // Водные ресурсы. 2008. Т. 35, № 4. С. 472–481.

Биоресурсы Онежского озера / Отв. ред. В. И. Кухарев, А. А. Лукин. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. 272 с.

Бондур В. Г., Филатов Н. Н., Гребенюк Ю. В. и др. Исследования гидрофизических процессов при мониторинге антропогенных воздействий на прибрежные акватории (на примере бухты Мамала, о. Оаху, Гавайи) // Океанология. 2007. Т. 47, № 6. С. 827–846.

Веселов И. А., Чуприян А. П. О мерах МЧС России по обеспечению реализации экономических и инфраструктурных проектов в Арктике и создание системы специализированных аварийно-спасательных центров // Арктика. Экология и экономика. 2011. № 1. С. 48–51.

Водная среда: обучение для устойчивого развития / Ред. кол.: Н. Н. Филатов, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 182 с.

Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г. Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2009. № 1235-р.

Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества / Ред. Н. Филатов, А. Литвиненко, А. Сяркия и др. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. 263 с.

Данилов-Данильян В. И. Проблемы безопасности в водохозяйственном комплексе России // Материалы Всерос. конф. Краснодар. М.: Наука, 2010. 219 с.

Калинкина Н. М., Куликова Т. П. Эволюционная обусловленность реакции гидробионтов на изменение ионного состава воды (на примере пресноводного зоопланктона) // Известия РАН. Серия биологическая. 2009. № 2. С. 243–248.

Карпечко Ю. В., Бондарик Н. Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 225 с.

Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вислянская И. Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. 81 с.

Кухарев В. И., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В. Распространение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Ampipoda, Crustacea) в Онежском озере // Зоол. журн. 2008. Т. 87, № 10. С. 1270–1273.

Лозовик П. А. Расчетно-аналитический метод оценки содержания и элементного состава органического вещества природных вод // Журн. аналитической химии. 2006. Т. 61, № 6. С. 592–597.

Лозовик П. А., Потапова И. Ю., Банцевич Т. В. Буферная емкость поверхностных вод как геохимиче-

ский фактор их устойчивости к закислению // Геохимия. 2007. № 9. С. 1022–1029.

Лукин А. А., Глибко О. Я. Оптимизация системы управления рыбным хозяйством на внутренних водоемах как способ сохранения водных биоресурсов // Рыбное хозяйство. 2009. № 4. С. 96–99.

Меншуткин В. В. Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция). Петрозаводск; СПб.: Карельский НЦ РАН, 2010. 417 с.

Меншуткин В. В., Филатов Н. Н., Потахин М. С. Экспертная система «Озера Карелии»: Ординальные и номинальные характеристики озер // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 2. С. 160–171.

Озера Карелии. Справочник / Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. 2011 (в печати).

Онежское озеро. Атлас / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 151 с.

Румянцев В. А. Готова ли Россия к выходу на мировой рынок воды // Водное хозяйство России. 2009. № 2. С. 4–13.

Руховец Л. А., Филатов Н. Н., Тержевик А. Ю. и др. Онежское озеро сегодня и завтра: опыт математического моделирования // Водные ресурсы Европейского Севера России: итоги и перспективы исследований / Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева, Т. И. Регеранд, В. Х. Лифшица. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. С. 127–153.

Семенов Е. В., Булатов М. Б. Анализ результатов работы оперативной модели гидрофизических полей Белого моря в июле-августе 2008 г. // Докл. АН. 2010. Т. 432, № 3. С. 410–415.

Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. / Отв. ред. П. А. Лозовик, Т. П. Куликова, Н. Н. Мартынова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 210 с.

Теканова Е. В., Тимакова Т. М. Оценка современного трофического состояния Онежского озера по первичной продукции фитопланктона // Гидробиол. журн. 2007. Т. 43, № 3. С. 90–94.

Филатов Н. Н., Меншуткин В. В. Разработка геоинформационной и экспертной систем для оценки водных и биологических ресурсов водных объектов

Карелии // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. № 4 (66). М., 2008. С. 1–18.

Филатов Н. Н., Тержевик А. Ю. (ред.). Белое море и водосбор под влиянием климатических и антропогенных воздействий. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 335 с.

Филатов Н. Н., Здравеннов Р. Э., Петров М. П. и др. Комплексные океанологические исследования Онежского залива Белого моря // Моря Севера России. Комплексные исследования Белого моря / Ред. Г. Г. Матишов. М.: ММБИ, 2005. С. 111–128.

Филатов Н. Н., Назарова Л. Е., Сало Ю. А. Региональный климат: возможные сценарии изменения климата Карелии. Похолодание или потепление? // Изв. РГО. 2007. Т. 139, вып. 3. С. 72–79.

Филатов Н. Н., Дружинин П. В., Тержевик А. Ю. Беломорье – регион для решения актуальных проблем Арктики // Арктика. Экология и экономика. 2011. № 2.

Mironov D., Heise E., Kourzeneva E. et al. Implementation of the lake parameterisation scheme FLake into the numerical weather prediction model COSMO // Boreal Env. Res. 2010. 15. P. 218–230.

Rukhovets L. A., Filatov N. N. (Eds.). Ladoga and Onego – Great European Lakes: Observations and Modeling. Springer-Praxis Publishing, 2010. 320 p.

Strongly nonlinear internal waves in lakes: Generation, Transformation and meromixis / Hutter K., Filatov N. et al. Springer-Heidelberg (Germany), 2011 (in press).

Terzhevik A., Golosov S., Palshin N. et al. Some features of the thermal and dissolved oxygen structure in boreal, shallow ice-covered Lake Vendyurskoe, Russia // Aquat. Ecol. 2009. 43. DOI 10.1007/s10452-009-9288-x.

White Sea: Its Marine environment and Ecosystem dynamics influenced by global change / N. N. Filatov, D. Pozdnjakov, O. Johannessen et al. London: Springer-Praxis, 2005. 472 p.

Wulff F., Savchuk O., Sokolov A. et al. Management Options and Effects on a Marine Ecosystem: Assessing the Future of the Baltic // Ambio. 2007. Vol. 36, N 2–3. P. 243–249.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Филатов Николай Николаевич

директор ИВПС КарНЦ РАН, член-корр. РАН
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: nfilatov@rambler.ru
тел.: (8142) 576381; +7921 6292222

Filatov, Nikolai

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nfilatov@rambler.ru
tel.: (8142) 576381; +7921 6292222