



80 лет КарНЦ РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

Институт геологии - обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального
исследовательского центра
«Карельский научный центр Российской академии наук»
(ИГ КарНЦ РАН)

ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТЫ И МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА: ОТ ДЕГЛЯЦИАЦИИ ДО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Материалы научной конференции
«Перибалтик-2026»

Научное электронное издание



Петрозаводск 2026

ISBN 978-5-9274-1041-5

© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2026
© Институт геологии КарНЦ РАН, 2026
© Коллектив авторов, 2026

УДК 551.33+551.7+551.43(470.22)(063)
ББК 26.222.8:26.823(2Рос.Кар)
Г52

Ответственные редакторы:
Т. С. Шелехова, П. А. Рязанцев, Н. В. Крутских

Г52 **Гляциальные ландшафты и морфогенетические комплексы позднего плейстоцена и голоцена: от дегляциации до почвообразования** : материалы научной конференции «Перибалтик–2026» : научное электронное издание / ответственные редакторы: Т. С. Шелехова, П. А. Рязанцев, Н. В. Крутских ; Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН», Институт геологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2026. – Систем. требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM), видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально), мышь, Adobe Reader, дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-9274-1041-5

Сборник содержит материалы научной конференции «Перибалтик–2026», посвященной актуальным проблемам изучения гляциальных ландшафтов и морфогенетических комплексов позднего плейстоцена и голоцена.

В представленных материалах рассматривается широкий круг вопросов палеогеографии, четвертичной геологии, геоморфологии и палеоэкологии Европейского Севера России, Прибалтики и сопредельных территорий. Особое внимание уделено реконструкции климатических обстановок и динамике растительности в морских изотопных стадиях, истории развития крупных озерных и морских бассейнов, а также процессам осадконакопления и почвообразования на границе позднеледникового и голоцена. Значительная часть работ посвящена литологическому разнообразию четвертичных отложений, включая водно-ледниковые, лесовидные и озерные комплексы, их роли в формировании рельефа и гидрогеологических условий. Ряд исследований затрагивает вопросы морфотектоники, палеосейсмологии, геологической археологии, а также применение цифровых моделей рельефа и современных методов палинологического анализа для палеогеографических реконструкций.

Сборник предназначен для географов, геологов, палеонтологов, археологов и специалистов смежных дисциплин, интересующихся историей природной среды Северо-Запада России и сопредельных регионов в позднечетвертичное время.

УДК 551.33+551.7+551.43(470.22)(063)
ББК 26.222.8:26.823(2Рос.Кар)

Текстовое (символьное) электронное издание

Системные требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); от 500 Мб свободного пространства на жестком диске; видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM

Для создания электронного издания использованы ПО Microsoft Word, Adobe Acrobat Pro

Редактор *Т. С. Шелехова*
Компьютерная верстка *Н. В. Крутских*

Подписано к использованию 29.06.2026. 1 DVD-ROM. 4,63 Мб. Тираж 50 экз. Заказ № 904

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: krcras@krc.karelia.ru URL: <http://www.krc.karelia.ru>

Изготовлено в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: krcras@krc.karelia.ru URL: <http://www.krc.karelia.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Андреичева Л.Н. Палеогеографические обстановки в позднем неоплейстоцене на Европейском Севере России	5
Бородулина Г. С. Водно-ледниковые отложения как перспективные территории для организации водоснабжения подземными водами в Карелии	8
Герасимов Д.В. Геоархеологические данные об истории Ладожского озера.....	11
Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И. Вертикальное распределение $\delta^{13}\text{C}$ в мёрзлом торфянике в низовье р. Чёрной (НАО)	15
Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И. Разнообразие непыльцевых палиноморф в нижней части разреза Самбийский (МИС 2, юго-восточная Прибалтика).....	17
Гольева А.А., Верба М.П., Мергелов Н.С., Орлов А.В., Субетто Д.А., Макиевский Н.В. Исследование микрослоистости отложений озер Полевское и Лавкозеро	21
Дружинина О.А., Марченко-Вагапова Т.И., Голубева Ю.В., Пронина А.В., Бурко А.А., Сходнов И.Н. Новые данные о климате юго-восточной Прибалтики в МИС 2.....	23
Зуева И.А. Карельская сейсмическая сеть и результаты сейсмического мониторинга в 2025 году	26
Корсакова О.П. Онежский залив Белого моря в конце неоплейстоцена и в голоцене	28
Кротова-Путинцева А. Е. Туннельные долины северо-запада Восточно-Европейской равнины	31
Крутских Н.В. Морфометрический анализ форм рельефа Вешкельской аккумулятивной лёдораздельной возвышенности на основе ArcticDEM	35
Лаврова Н. Б. Отражение событий голоцена в донных отложениях малого безымянного озера (юго-восточная Карелия)	39
Леонтьев А.А., Русаков А.В., Макеев А.О., Мокиевский Н.В. Крупнопылеватые отложения (лессоиды) позднеледниковья на территории Ленинградской области	43
Марченко-Вагапова Т.И., Голубева Ю.В., Дружинина О.А. Развитие растительности в МИС 2 юго-восточной Прибалтики по данным изучения нижней части разреза Самбийский (Калининградская область)	46
Полещук А.В., Зыков Д.С., Котов Ф.С. Гирвасские сейсмиды	50
Потахин М.С., Зобков М.Б., Науменко М.А., Кублицкий Ю.А., Субетто Д.А. Разработка и применение цифровых моделей рельефа для палеореконструкций водоёмов юго-восточного склона Фенноскандинавского кристаллического щита	54
Русаков А.В., Леонтьев А.А., Макеев А.О., Мокиевский Н.В. Дневные почвы на лессоидах гляциальной и перигляциальной зон Русской равнины: литологическая матрица и палеогеографическая интерпретация.....	57

Рыбалко А.Е., Субетто Д.А., Страховенко В.Д., Белкина Н.А., Савельева Л.А., Аксенов А.О., Пушина З.В., Беляев П.Ю. Особенности осадконакопления на границе позднеледниковья и послеледниковья в периферийных бассейнах восточного склона Балтийского щита	60
Рязанцев П.А., Родионов Г.Н., Цветков М.О. Изучение особенностей четвертичных отложений в зоне Крестецкой ледниковой стадии: первые данные по Пудожскому району Карелии	64
Семенова Л. Р., Кротова-Путинцева А. Е., Суворова А. Н. Актуализация региональной унифицированной стратиграфической схемы четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы	67
Хохлова О.С., Рябуха А.Г. Средневалдайский педогенез на юго-восточной окраине Восточно-Европейской равнины (Оренбургская область).....	71
Шварев С.В., Королева А.О., Луговой Н.Н., Котенков А.В. Морфотектоника и палеосейсμοдеформации северной периферии Онежского озера.....	74

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

Л.Н. Андреичева

*Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
andreicheva@geo.komisc.ru*

Аннотация. Отложения верхнего неоплейстоцена широко развиты в регионе и представлены переслаиванием ледниковых и межледниковых горизонтов. В комплекс верхненеоплейстоценовых образований входят два межледниковых и два ледниковых горизонта. В основании разреза лежат сулинские (микулинские) межледниковые осадки, перекрытые ледниковыми лайскими (подпорожскими) отложениями, бызовским (ленинградским) межстадиалом и полярным (осташковским) ледниковым горизонтом. Лайский, бызовской и полярный горизонты объединены в ненецкий надгоризонт. Для стратификации разрезов и воссоздания палеогеографических обстановок осадконакопления использованы литологический, геоморфологический, палинологический и палеомикротириологический методы. Выявлены палеогеографические особенности каждого межледниковья.

Ключевые слова: Верхний неоплейстоцен, палеогеографические обстановки, межледниковый и ледниковый горизонты.

На Европейском Северо-Востоке России неизвестны непрерывные разрезы верхнего неоплейстоцена, в которых бы вскрывались отложения, начиная с сулинского межледниковья до позднего валдая. Межледниковые осадки сулинского возраста представлены преимущественно континентальными фациями – аллювиальными и озерными. Аллювий сложен мелкозернистыми песками и косо- и горизонтальнослоистыми гравийно-песчаными отложениями с примесью гальки, вверх по разрезу обычно переходящими в мелко- и тонкозернистые хорошо сортированные пески, лимний – песками, алевритами, глинами, торфами. Сулинские морские отложения на территории исследований развиты достаточно широко, южная граница их распространения – долины рек Шапкиной и Бол. Роговой, сложены галечниками, песками и глинами, иногда с обильной бореальной фауной моллюсков. Представлены фациями пляжа, песчаных баров, приливно-отливных равнин и каналов, мелководного шельфа. Осадки пляжа и песчаных баров характеризуются косой слоистостью, симметричными и асимметричными знаками ряби течения и волнения. Они достаточно однотипны по гранулометрическому составу и сложены хорошо сортированными ($S_c=0.55-0.73$) промытыми, преимущественно мелкозернистыми песками с редкой галькой, с обломками угля и раковинным детритом.

В комплекс отложений приливно-отливной равнины входят фации приливно-отливных каналов и лагун. Слагающие их осадки имеют различный гранулометрический состав. Преобладают мелкозернистые пески, но присутствуют и глинистые алевриты, формирование которых происходило, скорее всего, в каналах-руслах, где уровень воды снижается очень медленно, практически не перемещаясь горизонтально, что приводит к образованию глинисто-алевритовых отложений (Фролов, 1984; Рейнек, Сингх, 1981). Сортированы хуже ($S_c=0.44-0.46$), чем осадки пляжа и песчаных баров. Характерны косая (елочная), волнистая и линзовидная типы слоистости.

Морские осадки переходной зоны и мелководного шельфа сложены темноокрашенными глинами и алевритами, часто с обломками раковин моллюсков и целыми их створками. Эти отложения наименее сортированы ($S_c=0.16-0.35$) по сравнению с другими группами морских терригенных фаций. Слоистость для отложений мелководного шельфа не характерна

Относительный возраст отдельных межледниковых звеньев верхнего неоплейстоцена определен палинологическим и палеомикротириологическим методами. Местоположения питающих ледниковых провинций и относительное время образования моренных горизонтов установлены комплексом литологических анализов.

Вывод о геологическом возрасте сулинского горизонта сделан на основании его положения в разрезе между поздневычегодским и лайским перигляциальным аллювием, а также по палинологическим спектрам сулинского типа, указывающим на развитие растительности типа северной тайги и климатические условия значительно более теплые, чем современные. Показатель эволюционного уровня остатков ископаемых грызунов (ПЭУ) в верхневычегодских осадках, подстилающих сулинские, равен 13.5, тогда как ПЭУ костных остатков из лайских отложений выше.

В лайскую эпоху климат похолодал и был существенно суровее современного. В Тимано-Печоро-Вычегодском регионе, который в ранневалдайское время был «безледным», формировался перигляциальный аллювий, сложенный косо- и горизонтальнослоистыми аллювиально-перигляциальными песками и галечниками с гравием различной степени сортированности – S_c варьирует от 0.37 до 0.70. Он выступает обычно в средних, реже в нижних частях высоких надпойменных террас. На суровый арктический климат и развитие вечной мерзлоты во время образования этих отложений, содержащих палеомикротириофауну, указывают наличие криогенных текстур, включая криотурбации и псевдоморфозы по морозобойным клиньям. Осадки согласно залегают на палинологически охарактеризованных сулинских отложениях и содержат коренные зубы копытных леммингов с ПЭУ, равным 17-28, что позволяет связывать их формирование с ранним валдаем в лайское время. Перигляциальный аллювий лайского возраста выделен в многочисленных разрезах на нижней Печоре, Лае, Серчейю, Шапкиной, Морею и Черной (Кочев, 1993).

Отложения бызовского (средневалдайского) мегаинтерстадиала – достаточно прохладного и непродолжительного, представлены аллювием и лимнием, часто с прослоями торфа. Залегают на осадках самого различного возраста и генезиса. В южной части региона слагают основание первой надпойменной террасы, а в северной – более высокие террасовые уровни. Возраст бызовских отложений установлен серией радиоуглеродных датировок в интервале 26-29 тыс. лет, полученных в последние годы по костям из стоянки Бызовая (Mangerud et al., 1999), а также результатами палинологического и палеомикротириологического анализов. Бызовские осадки перекрыты полярными ледниковыми образованиями, а на севере региона на бызовском горизонте лежит полярная (верхневалдайская) морена, которая является рельефообразующей.

В пределах установленной границы распространения поздневалдайского покровного ледника полярный горизонт является рельефообразующим, слагая водораздельные поверхности, верхние части береговых разрезов, а иногда весь береговой обрыв, реже он выступает в цоколях I и II надпойменных террас. Структурной особенностью полярной морены является ее тонкий гранулометрический состав. Повышенное содержание глинистой фракции (35-40%) связано с ассимиляцией ледником на пути его следования преимущественно алевро-глинистых морских и озерных отложений приледниковых бассейнов. В составе полярного горизонта, как и в более древних ледниковых толщах, выделяются три подгоризонта: нижнеполярный, представленный водно-ледниковыми осадками, среднеполярный – собственно морена, пользующаяся преимущественным распространением, и верхнеполярный – водно-ледниковые и перигляциальные отложения с ПЭУ копытных леммингов, равным 45. Кроме того, полярный возраст осадков определяется их положением над бызовским горизонтом. Формирование его связано с Пайхой-Новоземельским центром оледенения, шельфами Баренцева и, возможно, Карского морей, на что указывают особенности петрографического состава обломков и их ориентировка с северо-северо-востока на юго-юго-запад в секторе 350-20°, а также присутствие руководящих новоземельских розовых известняков ордовик-раннесилурийского возраста. И лишь на юго-западе региона – в низовье р. Шапкиной, состав морены формировался за счет терригенного

материала из Фенноскандинавской питающей провинции. В составе крупнообломочного материала постоянно встречаются обломки северотиманских базальтов с агатами, а удлиненные обломки пород ориентированы с запада-северо-запада по азимуту 90-140° из Северо-Западной терригенно-минералогической питающей провинции.

В прошлом году методом оптико-стимулированной люминесценции (ОСЛ) в лаборатории ОСЛ ФГБУ «ВСЕГЕИ» получены единичные датировки подстилающих морену песков в береговых обнажениях рек Куи (55±4 тыс. лет RGI-1421) и Черной (65±6 тыс. лет RGI-1423), что свидетельствует о формировании их в бызовское время. Проведенное датирование отложений подтвердило, что морена последнего неоплейстоценового оледенения имеет полярный возраст (Андреичева и др., *в печати*).

Конфликт интересов отсутствует

Литература

Андреичева Л.Н., Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И., Исаков В.А. Воробьев Н.Н., Верхний неоплейстоцен и голоцен Европейской Субарктики России//Стратиграфия. Геологическая корреляция. В печати.
Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. 1981. Обстановки терригенного осадконакопления. М.: Недра, 439 с.
Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.

PALEO GEOGRAPHIC ENVIRONMENTS IN THE LATE NEOPLEISTOCENE IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

Andreicheva L.N.

Abstract. Upper Neopleistocene deposits are widespread in the region and are represented by interbedded glacial and interglacial horizons. The Upper Neopleistocene complex is composed of two interglacial and two glacial horizons. The base of the section is comprised of Sula (Mikulin) interglacial sediments, overlain by the Laya (Podporozhskii), Byzovaya (Leningradskii) interstadial, and the Polar (Ostashkovian) glacial horizon. The Laya, Byzovaya and Polar horizons are combined into the Nenets superhorizon. Lithological, geomorphological, palynological, and paleomicrotheriological methods were used to stratify the sections and reconstruct the paleogeographic environments of sedimentation. Paleogeographic features of each interglacial were identified.

ВОДНО-ЛЕДНИКОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ В КАРЕЛИИ

Г. С. Бородулина

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, bor6805@yandex.ru

Аннотация. Ведущая роль строения четвертичного покрова в формировании подземного стока подтвердилась исследованиями по оценке запасов подземных вод в песчаных отложениях для водоснабжения населенных пунктов Карелии. Выявлены закономерности распространения и условия формирования подземных вод в четвертичных отложениях и определены перспективные участки для организации водозаборов в пределах развития водно-ледниковых (флювиогляциальных) отложений. Практическим результатом работ явилась оценка запасов месторождений подземных вод для водоснабжения г. Суоярви, поселков Пряжа, Калевала, Поросозеро, Кааламо, Рускеала и ряда других населенных пунктов Карелии. Но в настоящее время только в пос. Пряжа действует подземный водозабор для централизованного водоснабжения.

Доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения Карелии никогда не превышала 5%, что является наименьшим показателем для регионов России (Бородулина, Левичев, 2019). Такое положение определяется не столько большими ресурсами поверхностных вод, сколько организационно-техническим характером проблемы. Например, при сходных природных и гидрогеологических условиях в Финляндии доля подземных вод в хозяйственном использовании достигает 60 %, так как в стране еще в середине прошлого века организация водоснабжения считалась вопросом первостепенного значения (Водные ресурсы..., 2006).

Около 90% разведанных запасов Карелии приходится на верхнекотлинский и нижнекотлинский (Олонецкое и Петрозаводское месторождения) водоносные горизонты, и лишь 6% – на 8 месторождений подземных вод в верхнечетвертичных водно-ледниковых отложениях (Государственный, 2023). Но несмотря на невысокую производительность (150–2000 м³/сут) водозаборы из песчаных отложений могут полностью обеспечить водопотребность небольших поселений. В Финляндии только для рассредоточенных населенных пунктов к 2006 г. было построено более 1100 водозаборов, а общая численность населения, использующего подземную воду в Финляндии, оценивалась в 3,5 млн. человек (Водные ресурсы..., 2006).

Расчеты возможного дебита водозаборов показали, что наибольший водоприток можно получить в районах, сложенных песчаными флювиогляциальными отложениями мощностью 10 и более метров (Ресурсы..., 1987). Указанные отложения не имеют повсеместного распространения в Карелии, но в отдельных районах занимают значительные площади. Максимальные естественные ресурсы подземных вод (модуль стока 3-4 л/с·км²) приурочены к водосборам рек Приладожья, верхнего и среднего течения р. Шуи. Довольно высокий модуль стока (2-3 л/с·км²) отмечается на водосборах рек Олонки, Важинки, верхнего и среднего течения р. Суны, в верховьях рек Чирка-Кеми и Онды, на водосборе р. Сумы.

Флювиогляциальные отложения представлены хорошо отмытыми, отсортированными, обычно слоистыми песками различной зернистости с преобладанием мелко- и среднезернистых разностей. Местами встречаются прослои грубозернистых песков, гравия и галечника. Мощность обводненной зоны флювиогляциальных отложений обычно 3-10, местами достигает 15-20 и более метров.

Уровень подземных вод располагается на глубине от 0,5 до 6 м, чаще 1-3 м. Питание их осуществляется атмосферными осадками, причем величина инфильтрации достигает 400-450 мм в год, что составляет в среднем 80% годовой нормы осадков. По данным Soveri (1985) на

инфильтрацию в сортированных отложениях приходится до 88% общего количества осадков. Воды разгружаются в реки, озера, болота и частично расходуются на питание трещинных вод. По результатам опытных откачек коэффициенты фильтрации колеблются от 30 до 200 м/сут. По результатам индикаторных определений действительные скорости фильтрации в песках озовых отложений Финляндии составили от 2,9 до 73 м/сут (Malkki, 1979).

Большая часть высокодебитных (более 10 л/сек) родников в Карелии приурочена к озовым отложениям (Бородулина, 2022), в том числе самый крупный – незамерзающее озеро Талая ламба (бассейн р. Семча, Суоярвский район) с дебитом от 40 (зимой) до 150 л/с (летом). Мощность флювиогляциальных отложений в этом районе достигает 40 м (Богачев и др., 1979). Воды песчаных отложений, как правило, пресные (минерализация менее 100 мг/л), гидрокарбонатные кальциево-магниевого, насыщены кислородом, содержат незначительное количество органического вещества.

Таким образом, водно-ледниковые отложения вследствие довольно широкого распространения, благоприятных условий питания и аккумуляции подземных вод, высоких фильтрационных свойств, неглубокого залегания и хорошего качества вод является наиболее перспективными для водоснабжения.

Прогнозная производительность водозаборов в таких комплексах оценена величиной 200-300 м³/сут (Ресурсы..., 1987), но работы по разведке и оценке эксплуатационных запасов подземных вод в отложениях водно-ледниковых комплексов показали, что производительность водозаборов может превышать расчетную величину в несколько раз. Такие исследования в 1996-2006 гг. выполнены в рамках совместного с финскими коллегами проекта «Развитие водоснабжения Карелии» в районах Суоярви, Поросозеро, Калевала, Лоухи, Чупа, Челмужи, Пряжа, Кестеньга, Деревянка. Позже исследования продолжены в других поселениях (Матросы, Эссойла, Надвоицы, Олонец, Муезерский, Лендеры, Каалама, Рускеала) (Водные ресурсы..., 2006). Большой объем буровых, опытно-фильтрационных и аналитических работ в различных районах республики позволил выявить закономерности распространения и условия формирования подземных вод в четвертичных отложениях и определить наиболее перспективные участки для организации питьевого водоснабжения населения.

В результате проведенных работ были оценены запасы ряда месторождений для водоснабжения: Суоярви 1,5 тыс.м³/сут, Поросозеро 0,72 тыс.м³/сут, Калевала (два участка: 2 тыс.м³/сут и 0,9 тыс.м³/сут), Пряжа 2,0 тыс.м³/сут, Каалама 0,3 тыс.м³/сут. Но из них в настоящее время эксплуатируется только одно месторождение - Пряжинское.

Основной причиной, по которой месторождения не эксплуатируются, является их удаленность от водопотребителя. Печальным примером является Суоярвинское месторождение, разведенное и обустроенное с помощью финской стороны еще в конце 90-годов тремя шахтными колодцами, но так и не введенное в эксплуатацию, так как расстояние в 12 км от водозабора до г. Суоярви оказалась непреодолимым для экономики района. В 2015 г. месторождение снято с госучета. А это означает, что в будущем территория для переоценки запасов и организации водоснабжения для города будет утрачена, как это случилось с месторождением Калевальское и участком в пос. Приречный (Калевальский район).

Другая причина, по которой трудно организовать водоснабжение из водно-ледниковых отложений, состоит в том, что они являются наиболее уязвимыми к загрязнению с поверхности. Так как район поисков максимально приближен к потребителю, то перспективные территории вблизи поселений, как правило, заняты хозяйственными постройками, кладбищами, свалками и другими потенциальными источниками загрязнения.

Идеальным с точки зрения природно-экологических условий являлось месторождение Пряжинское, расположенное на северо-восточном, противоположном от поселка, берегу Пряжинского озера, в 1,5 км от п. Пряжа. Водно-ледниковые отложения образуют вокруг озера крупный аккумулятивный массив, состоящий из камов и озовых гряд, перемежающихся термокарстовыми воронками. В восточной части массива проходит гряда СВ-ЮЗ направления общей длиной 8 км и относительной высотой до 40-60 м. Флювиогляциальные осадки

представлены разно- и крупнозернистыми песками с гравием, галькой и валунами. Характерно увеличение размера фракций с глубиной - от мелко- и среднезернистых песков до гравийно-галечникового материала. Мощность отложений колеблется от 7-10 м в понижениях рельефа до 60-80 м на возвышенностях. Периферийные части озовой формации перекрыты тонко- и мелкозернистыми озерно-ледниковыми песками.

Объектом изучения явились безнапорные подземные воды, заключенные в песчаных водно-ледниковых отложениях. На участке полный разрез четвертичных отложений (до кристаллических пород) не вскрыт ни одной скважиной. Поэтому судить о мощности четвертичных осадков можно только по разрезу скважины в п.Пряжа, где кристаллические породы вскрыты на глубине 42,5 м. Подсчет запасов подземных вод выполнен гидродинамическим методом по схеме безнапорного пласта применительно к водозабору, состоящему из двух шахтных колодцев. Качество подземных вод по показателям химического состава и бактериологическому состоянию соответствует нормативным требованиям для питьевых вод.

Запасы подземных вод оценены по категории C_1 в количестве заявленной потребности 2000 м³/сут в 2004 г. Месторождение было подготовлено для опытно-промышленной эксплуатации. Оптимальное решение прокладки водовода в поселок найдено финскими специалистами: через озеро по льду проложены трубы, которые опустились на дно после таяния льда. Строительство водозабора организовано в 2008 г., и с 2012 г. начал работать первый пусковой комплекс. Добыча подземных вод осуществлялась безлицензионно. А тем временем в 2015 г. добывающая компания получила лицензию на разработку песчано-гравийного карьера в непосредственной близости от водозабора. Сейчас граница действующего карьера находится на расстоянии 500 м от водозабора, т.е. в пределах второго пояса ЗСО. А лицензия на добычу подземной воды получена администрацией Пряжи только в декабре 2023 г.

Работы по оценке перспективности четвертичных отложений для водоснабжения позволили собрать большой объем гидрогеологических и геохимических данных. Результаты этих работ отражены в монографии «Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества» (2006).

Конфликт интересов отсутствует

Литература

- Богачев М.А., Иешина А.В., Ильин В.А., Поленов И.К., Соколов С.Я. Подземные воды флювиогляциальных отложений на примере района Талая ламба // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1979. С. 123–136.
- Бородулина Г.С., Левичев М.А. Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии // Горный журнал. 2019. №3. С. 71–75. DOI: 10.17580/gzh.2019.03.14
- Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2006. 263 с.
- Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2024 году. Петрозаводск, 2025. 303 с.
- Malkki E. Groundwater flow velocity as an indicator of the permeability and internal structure of eskers. National Board of waters. Finland. Helsinki, 1979. 42p.
- Soveri J. Influence of meltwater on the amount and composition of groundwater in Quaternary deposits in Finland. Publ. of the Water Res. Inst. 63. Nat. Board of Waters, Finland. Helsinki. 1985. 92p.

GLACIOFLUVIAL DEPOSITS AS PROMISING AREAS FOR GROUNDWATER SUPPLY IN KARELIA

Borodulina G. S.

Abstract. The leading role of the Quaternary overburden in the formation of groundwater runoff has been confirmed by studies on assessing groundwater reserves in sandy sediments for water supply in populated areas of Karelia. Patterns of groundwater distribution and formation conditions in Quaternary sediments have been identified, and promising areas for water intakes within the development of glaciofluvial deposits have been identified. The practical result of the work was an assessment of the reserves of groundwater for the water supply of the city of Suoyarvi, the villages of Pryazha, Kalevala, Porosozero, Kaalamo, Ruskeala, and several other settlements in Karelia. However, at present only in Pryazha the groundwater intake is operational.

УДК: 902:551.248.2

ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ОБ ИСТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Д.В. Герасимов

Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН, Санкт-Петербург, Россия, dger@kunstkamera.ru

Аннотация. Использование археологических данных в комплексе с традиционными методами палеогеографии обеспечивает возможность существенно уточнить хронологию природных изменений и выявить эпизоды резких (катастрофических) трансформаций. Анализ расположения синхронных поселений каменного века, приуроченных к береговым линиям Ладоги, показывает значительное количество несогласий относительно градиентной модели поднятия. Это позволяет предположить, что подъём Скандинавского кристаллического щита происходит не линейно, а дискретно, в виде серии тектонических сдвигов.

Ключевые слова: Ладожское озеро, голоцен, трансформации, геоархеология

Геоархеологические исследования понимаются как изучение формирования культурного слоя археологических памятников в контексте природных процессов осадконакопления. Культурно-хронологическая атрибуция археологических контекстов позволяет, в числе прочего, решать вопросы генезиса и возраста вмещающих, подстилающих и перекрывающих геологических отложений.

Решение вопросов абсолютной хронологии отложений на основании археологических данных, как и в случае использования биостратиграфических и геохимических методов, основано на сопоставлении соответствующих характеристик культурных слоёв изучаемого разреза (археологический контекст, состав пыльцы и диатомовых водорослей) с характеристиками слоёв опорных археологических комплексов. Возраст археологических комплексов может быть определён на основании радиоуглеродного датирования, а также с помощью археологической типологии. Для голоцена по достоверности и точности датирования традиционные биостратиграфические методы стоят в одном ряду с методом датирования на основании археологической типологии, а для определения возраста объектов моложе 2000 лет значительно уступают последнему.

Компенсационный гляциоизостатический подъём Скандинавского кристаллического щита является причиной многократных, иногда, видимо, катастрофических перестроек гидрографической системы в ряде регионов Восточной Фенноскандии, в том числе в Приладожье на протяжении голоцена. Природные изменения запечатлены в разрезах четвертичного покрова, в том числе в стратиграфии археологических памятников, которые

являются геохронологическими маркерами, позволяющими, в числе прочего, надёжно соотносить хронологию археологических материалов с изменениями природных обстановок прошлого.

Использование археологических данных в комплексе с традиционными методами палеогеографии обеспечивает возможность существенно уточнить хронологию природных изменений и, в том числе, выявить эпизоды резких (катастрофических) трансформаций.

Современное изучение динамики осцилляций крупных палеоводоёмов во многом основано на методе каскадных озёр (Кузнецов, Субетто, 2019), а наиболее важным источником для датирования древних береговых линий являются отложения малых озёр и болот. Датирование слоёв, отложившиеся в условиях крупного водоёма, позволяет определить время их формирования, а высота порога стока малых озёр (болот) характеризует уровень изучаемого крупного палеоводоёма на период формирования слоя. Полученные таким образом высотные характеристики указывают на минимально возможный, но не максимальный уровень воды в большом палеоводоёме на каждый исследуемый период.

Уровень уреза воды в определённые периоды прошлого может быть определён путём измерения высоты соответствующих террас, формировавшихся в период стабилизации водоёма. Однако серия трансгрессивных и регрессивных фаз может стать причиной наложения схожих геоморфологических объектов, образовавшихся в разные периоды. Ввиду вышеизложенного, важнейшими источниками для изучения древних береговых линий являются археологические памятники.

В стадию Литоринового моря (после 9300 ЛН – все даты приведены в формате календарных лет назад) население начинает активно использовать ресурсы прибрежной зоны крупных водоёмов, в том числе Ладоги. Это определило систему расселения древнего человека (Герасимов и др., 2010). Большинство известных памятников каменного века в Приладожье приурочено непосредственно к древним береговым линиям. Располагавшиеся на берегу единого водоёма древние стоянки маркируют максимально возможный уровень воды на время своего существования. Изменения береговых линий в результате изостатического поднятия и перестроек гидрографической системы являлись причиной изменения местоположения древних стоянок и поселений.

Фазы трансгрессий характеризуются выявляемыми в разрезах археологических памятников прослойками древних водных наносов. Расположенные на разных высотах синхронные памятники, во время своего функционирования находившиеся на берегу одного и того же крупного водоёма, такого, как Ладога, при должной оценке их геоморфологического положения могут быть использованы для расчета градиента изостатического поднятия в определённые хронологические интервалы (Герасимов, Субетто, 2009).

Подъём Скандинавского кристаллического щита, по-видимому, происходит не линейно, а дискретно, в виде серии тектонических сдвигов. Об этом свидетельствует малая размерность серий расположенных на разной высоте береговых образований голоценового времени. Анализ расположения синхронных поселений каменного века, приуроченных к береговым линиям Ладоги, показывает значительное количество несогласий относительно градиентной модели поднятия (Фёдорова и др. 2017). В восточной части Финского залива и в Приладожье выделяется две-три основных береговых линии, которые могли сформироваться в достаточно длительные периоды стабилизации уровня воды.

Такие тектонические сдвиги должны были сопровождаться землетрясениями, и свидетельства происходивших в голоцене землетрясений в регионе представлены (Никонов и др., 2009; 2014).

Существующие модели (Rosentau et al., 2013; Miettinen et al., 2007; Sandgren et al., 2004) свидетельствуют о достаточно быстром подъёме уровня Балтики на финальной стадии литориновой трансгрессии около 7500 ЛН. В юго-восточной части региона Финского залива, включая зону Хейниёкского палеопролива, вскоре после максимума трансгрессии произошло осушение затопленных береговых линий, вероятно, вследствие изостатического поднятия территории (Герасимов, 2025). Об этом свидетельствует и ряд стратифицированных

памятников с позднемезолитическими и ранненеолитическими комплексами, где времени максимума литориновой трансгрессии соответствовал относительно короткий перерыв обитания.

Наиболее изученной природной катастрофой голоцена в регионе является прорыв оз. Древняя Сайма в южном направлении и образование р. Вуоксы около 5900 ЛН (Oinonen et al., 2014). Это событие уверенно связывается с тектоническим толчком (Шварев 2024). Оно же, судя по имеющимся археологическим данным, привело к тяжелейшему социокультурному кризису населения региона, последствием которого стало повсеместное распространение культуры типичной гребенчато-ямочной керамики (ТГЯ) среднего неолита (Oinonen et al., 2014; Gerasimov, 2021). Пределы Ладожской трансгрессии в последнее время вновь стали предметом активного обсуждения в связи с проектом по изучению голоценовых осцилляций оз. Ильмень. Однако археологические памятники 3 тыс. до н.э. Усть-Рыбежна 2 и 3, расположенные в Юго-Восточном Приладожье на абсолютных отметках около 15 м, по-прежнему следует рассматривать как надёжные маркёры, выше которых уровень воды не поднимался (Герасимов, Субетто, 2009).

Наиболее молодым фиксируемым событием, так же, по-видимому, связанным с тектоническими подвижками (Никонов и др., 2009; 2014), является прорыв р. Невы и формирование нового стока из Ладожского озера в Финский залив около 3200 ЛН. Вероятно, это событие также явилось причиной социокультурного кризиса. Кроме того, в результате него в регионе возникли возможности для земледелия, и эти возможности были использованы новым населением, продвинувшимся сюда из южных областей (Yushkova, 2006).

История Невы, тем не менее, остаётся предметом дискуссии – некоторые геологические структуры в Приневье интерпретируются как свидетельства существования балтийско-ладожского соединения по руслу современной р. Невы на протяжении всего голоцена (Шитов и др., 2025).

Конфликт интересов отсутствует

Литература

- Герасимов Д.В. Геоархеологические данные о литориновой и послелиториновой трансгрессиях в регионе Финского залива // Тезисы XI Всероссийской конференции по изучению четвертичного периода (15–20 сентября 2025 г., Институт Карпинского, Санкт-Петербург) / Комиссия по изучению четвертичного периода при ОНЗ РАН, Институт Карпинского, Институт географии РАН. – СПб. : Институт Карпинского, 2025. С. 38-39.
- Герасимов Д.В., Субетто Д.А. История Ладожского озера в свете археологических данных // Известия РГПУ им. Герцена. 2009. № 106. С. 37 – 49.
- Герасимов Д.В., Крийска А., Лисицын С.Н. Освоение побережья Финского залива Балтийского моря в каменном веке // Материалы III Северного археологического конгресса. Екатеринбург, Ханты-Мансийск: "ИздатНаукСервис", 2010. С. 28-53.
- Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Стратиграфия донных отложений озер Карельского перешейка. М.: Геос, 2019. 119 с.
- Никонов А.А., Энман С.В., Флейфель Л.Д. Современные и позднеголоценовые вертикальные движения земной коры в юго-восточной Балтике – переходной зоне от Фенноскандинавского щита к Русской плите // Физика Земли. 2009. № 8. С. 51-65.
- Никонов А.А., Шварев С.В., Сим Л.А., Родкин М.В., Бискэ Ю.С., Маринин А.В. Скальные палеосейсмодеформации на Карельском перешейке (ключевой участок "Пещеры Иностранцева", Ленинградская область) // Доклады Академии наук. 2014. Т. 457, № 5. С. 591.
- Федорова М.Е., Герасимов Д.В., Анисимов М.А. Неотектонические процессы на южном побережье Финского залива и на Карельском перешейке: попытка осмысления в свете геоархеологических данных // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и

основные направления дальнейших исследований. Материалы X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. 25–29 сентября 2017 г., Москва. М: Геос, 2017. С. 442-444.

Шварев С. В. 2024. Влияние тектоники на развитие Сайменско-Ладожской системы озерв позднеледниковье и голоцене// Морские и озёрные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время: Материалы Всероссийской конференции и полевого симпозиума (г. Апатиты, 10–15 сентября, 2024). С. 104-107.

Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Дуданова В. И., Ручкин М.В., Сумарева И.В., Шухвостов Р.С. Новые данные по истории Невы: конец дискуссии!? // Тезисы XI Всероссийской конференции по изучению четвертичного периода (15–20 сентября 2025 г., Институт Карпинского, Санкт-Петербург) / Комиссия по изучению четвертичного периода при ОНЗ РАН, Институт Карпинского, Институт географии РАН. СПб. : Институт Карпинского, 2025. С. 211-212.

Яковлев С.А. Наносы и рельеф города Ленинграда и его окрестностей. Том I. Л.: Научно-мелиорационный институт, 1925. 186 с.

Gerasimov D.V. 2021. Keeping the Frontier: Steps “Towards Neolithization” in the Eastern Gulf of Finland Open Archaeology vol. 7, no. 1. Pp. 1244-1257.

Miettinen A., Saveliev, L., Subetto D.A., Dzhinoridze R., Arslanov K. Palaeoenvironment of the Karelian Isthmus, the easternmost part of the Gulf of Finland, during the Littorina Sea stage of the Baltic Sea history // *Boreas*. 2007. № 36. P. 441–458.

Oinonen M., Pesonen P., Alenius T., Heyd V., Holmqvist-Saukkonen E., Kivimäki S., Nygrén T., Sundell T., Onkamo P. Event reconstruction through Bayesian chronology: Massive mid-Holocene lake-burst triggered large-scale ecological and cultural change // *The Holocene*. 2014. Vol. 24, Iss. 11. – P. 1419-1427.

Rosentau A., Muru M., Kriiska A., Subetto D. A., Vassiljev J., Hang T., Gerasimov D., Nordqvist K., Ludikova A., Lõugas L., Raig H., Kihno K., Aunap R., Letyka N. Stone Age settlement and Holocene shore displacement in the Narva-Luga Klint Bay area, eastern Gulf of Finland // *Boreas*. 2013. Vol. 42 (4). – P. 912–931.

Sandgren P., Subetto D.A., Berglund B.E., Davydova N.N., Savelieva L.A. Mid-Holocene Littorina Sea transgressions based on stratigraphic studies in coastal lakes of NW Russia // *GFF*. 2004. Vol. 126. – P. 363–380.

Yushkova, M. A. North-Western Russia before its Settling by Slavs (8th Century BC -8th Century AD) / M. A. Yushkova // *Slavica Helsingiensia*. – 2006. – Vol. 27. – P. 140-153.

GEOARCHAEOLOGICAL DATA ON THE HISTORY OF LADOGA LAKE.

Gerasimov D.V.

Abstract. Archaeological data used in combination with traditional paleogeographic methods allow to refine the chronology of environmental transformations in the past, and to identify episodes of rapid (catastrophic) events. Analysis of the distribution of synchronous Stone Age settlements along the shoreline of Lake Ladoga shows a considerable number of discrepancies relative to the gradient model of isostatic uplift. This suggests that isostatic uplift of the Scandinavian shield does not occur linearly, but discretely, as a series of tectonic shifts.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $\delta^{13}\text{C}$ В МЁРЗЛОМ ТОРФЯНИКЕ В НИЗОВЬЕ Р. ЧЁРНОЙ (НАО)

Ю.В. Голубева, Т.И. Марченко-Вагапова

*Институт Геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия,
yvgolubeva@geo.komisc.ru, timarchenko@geo.komisc.ru*

Аннотация. Проведен анализ вертикального распределения стабильного изотопа углерода ($\delta^{13}\text{C}$) по разрезу отложений бугристого мерзлого торфяника в низовье р. Чёрной (НАО). Изучение вариаций $\delta^{13}\text{C}$ выявило зависимость их изменений от ландшафтно-климатических флуктуаций с пребореального по субатлантический период голоцена.

Ключевые слова: голоцен, стабильный изотоп углерода ($\delta^{13}\text{C}$), Большеземельская тундра, бугристый торфяник.

Проблемы интерпретации данных по $\delta^{13}\text{C}$ торфа рассматриваются в ряде современных публикаций. В работе В.А. Голубцова с соавторами (2022) обсуждается состав стабильных изотопов углерода, типичный для почвенных горизонтов гольцовых, степных и таёжных ландшафтов побережья Байкала. Изучению стабильных изотопов углерода наряду с другими информативными геохимическими показателями пальза в пределах Большеземельской тундры посвящены публикации Ю.К. Васильчука с коллективом авторов (2008 и др.), Н.А. Буданцевой с коллегами (2017).

Район наших исследований расположен в подзоне северных гипоарктических тундр со следующими климатическими параметрами: температура воздуха в январе составляет $-17 - -18$ °С, температура июля: $9-10$ °С, годовая амплитуда температур воздуха равна $27-28$ °С. Количество осадков в году – 350 мм.

Изучен вечномерзлый торфяной массив с буграми пучения размерами около $2 \text{ км} \times 15 \text{ км}$, развитый в приустьевой области р. Чёрной (НАО). Бугры преимущественно удлиненной формы высотой до $0.5-2$ м и размерами в поперечнике от 1 до 4 м, имеют частое рассредоточение и разную направленность в пределах массива. Изложены результаты исследования бугра, вскрытого в береговом обнажении Ч-29/1 в левом борту реки ($68^{\circ}33'51.22''$ с.ш., $56^{\circ}31'32.40''$ в.д. (WGS84)).

В обнажении высотой 12.15 м вскрыты отложения бугристых болот, представленные торфом с массивной и шлировой криоструктурами мощностью 1.2 м. Они залегают на моренной толще видимой мощностью до 9.65 м от уреза воды, перекрытой прослоями супеси и суглинка оторфованного с редкими неокатанными обломками пород мощностью 0.15 м и 1.15 м, соответственно.

Ранее авторами по данными изучения микропалеонтологических остатков, содержащихся в озерно-болотных осадках в низовье р. Чёрной, были выявлены основные этапы седиментации (Голубева, Марченко-Вагапова, 2025). Дополнительные сведения о палеогеографических условиях в голоцене на территории исследований получены на основе анализа вертикального распределения стабильного изотопа $\delta^{13}\text{C}$. Данные о его составе позволяют судить о стадии формирования бугров торфяных массивов, роли тех или иных растений-торфообразователей. Анализ 17 образцов из профиля высотой 105 см выполнялся в ЦКП «Геонаука» Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Измерения изотопного состава углерода осуществлялись методом проточной масс-спектрометрии в режиме постоянного потока гелия (CF-IRMS) на аналитическом комплексе, который состоит из элементного анализатора Flash EA 1112, соединенного через газовый коммутатор Conflo IV с масс-спектрометром Delta V Advantage (Thermo Fisher Scientific). В процессе работы учитывались международный стандарт USGS-40 (L-Glutamic acid) и лабораторный стандарт Acetanilide ($\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}$). Ошибка измерения – $\pm 0.15\text{‰}$ (1σ).

Значения $\delta^{13}\text{C}$ в изученных осадках изменяются в диапазоне от -26.55‰ до -30.23‰. Оторфованный суглинок, подстилающий торфяные отложения является наиболее тяжелым по изотопному составу углерода (26.55‰), а торф с растительными остатками в интервале глубин 85-65 см – наиболее легким (29.35‰...30.23‰). Значения $\delta^{13}\text{C}$ в торфе варьируют от -26.69‰ до -30.23‰, составляя в среднем -28.28‰. Выявлены четыре этапа их изменений в течение голоцена, которые были сопоставлены с динамикой ландшафтно-климатических флуктуаций на территории исследований.

В нижней части разреза (гл. 105-90 см), сложенной сизо-коричневой глиной с гнёздами оторфованного суглинка, переходящими в чёрный хорошо разложившийся торф, намечается тенденция к незначительному уменьшению значений вверх по разрезу от -26.55‰ до -27.12‰. В глинисто-суглинистых отложениях (гл. 105-95 см) микропалеонтологические остатки обнаружены не были, а спорово-пыльцевой комплекс из вышезалегающего торфа (гл. 95-90 см) указывает на осадконакопление в близких к современным климатическим условиям. Растительный покров образовывали осоковые заросли, занимавшие переувлажненные субстраты, и кустарниковые (карликовая берёза, ива), злаковые и луговые сообщества из *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Artemisia* sp., *Caryophyllaceae* и *Asteraceae* - на осушенных участках (Голубева, Марченко-Вагапова, 2025).

В мёрзлом торфе на глубине 85 см происходит быстрое уменьшение значения $\delta^{13}\text{C}$ до -29.35‰. Состав палиноморф в осадках с этого уровня профиля также характеризуется существенными изменениями: наряду с пылью вышеуказанных растений появляются пыльца древовидной березы (30 %) и многочисленные споры зеленых мхов, снижается роль пыльцы трав. Он указывает на распространение березовых редколесий, чему способствовало улучшение климата в бореале. Далее в интервале глубин 85-70 см тренд к уменьшению значения $\delta^{13}\text{C}$ продолжается (от -29.35‰ до -30.23‰). Этот тренд совпадает с ростом кривых содержания пыльцы древовидной березы (до 50 %), осок и водных растений на спорово-пыльцевой диаграмме. По-прежнему высока роль спор зеленых мхов, участие пыльцы карликовой березы, напротив, снижается до 4 %. Палинологические данные, сопровождаемые радиоуглеродной датировкой 7180 ± 150 ^{14}C л.н. (7696-8222 кал.л.н.) (IGAN 10839) с глубины 80-75 см, свидетельствуют о произрастании березовых лесов в начале атлантика.

Выше по разрезу в мёрзлом торфе на глубине 65-45 см наблюдается тренд постепенного увеличения значений $\delta^{13}\text{C}$, достигая -28‰. В пыльцевых спектрах в этом интервале сохраняется преобладание в группе AP *Betula* sect. *Albae*. В то же время вновь отмечается согласованность тренда изменений состава изотопа углерода с кривыми содержания некоторых палиноморф: падением кривых *Cyperaceae*, *Bryales* и водных растений, а также постепенным ростом кривой *Betula nana*. Отложения на глубине 50-45 см датированы 5720 ± 100 ^{14}C л.н. (6306-6682 кал.л.н.) (IGAN 10838). Спектры отражают березовые леса, которые в атлантике достигали Баренцевоморского побережья и в суббореале сменились березовыми редколесьями. В то время как хвойные породы произрастали лишь в виде отдельных деревьев или разрозненных островков, на что указывает незначительное количество их пыльцы.

В верхней части профиля в покровном тёмно-коричневом хорошо разложившемся торфе (на глубине 40-25 см) и в почвенно-растительном слое (на глубине 25-0 см) распределение значений $\delta^{13}\text{C}$ стабилизируется и составляет в среднем -27.12‰. Пыльцевые спектры фиксируют вытеснение березовых редколесий ерниковыми и осоково-кустарниковыми зарослями, чему способствовало направленное похолодание климата в суббореале-субатлантике. На данном этапе, с ~6500 кал. л.н. происходили осушение болота и замедление болотообразовательных процессов, преобразование мезотрофных болот в верховые, о чем свидетельствует увеличение в спектрах доли пыльцы и спор олиготрофов: верескообразных кустарничков и сфагновых мхов.

Таким образом, показана зависимость вертикального распределения значений $\delta^{13}\text{C}$ от динамики растительного покрова в голоцене. Полученный вывод не противоречит мнению S. Alewell et al. (2011), согласно которому для растений-торфообразователей характерны

определенные изотопные сигналы. Например, значения $\delta^{13}\text{C}$ варьируют от -20‰ в олиготрофных мхах до -29‰ в эвтрофных осоках. Продолжение исследований осадков с привлечением геохимических методов (стабильного изотопа азота ($\delta^{15}\text{N}$) и C_{org}) позволит дополнить имеющиеся палеогеографические сведения.

Литература

- Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н., Блудушкина Л.Б., Васильчук Ю.К. 2017. Стабильные изотопы кислорода, водорода и углерода и возраст пальза близ поселка Елецкий, северо-восток Большеземельской тундры // Арктика и Антарктика. № 4. С. 38-56.
- Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. 2008. Выпуклые бугры пучения многолетнемёрзлых торфяных массивов. М.: Изд-во Московского университета. 571 с.
- Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И. 2025. Ландшафтно-климатические обстановки осадконакопления в позднеледниковье и голоцене в низовье р. Черной (юго-восток Баренцевоморского региона, НАО) // Вестник геонаук. . № 4. С. 14-31.
- Голубцов В.А., Вантеева Ю.В., Воропай Н.Н., Василенко О.В., Черкашина А.А., Зазовская Э.П. 2022. Состав стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) как показатель динамики органического вещества в почвах западного побережья озера Байкал // Почвоведение. № 12. С. 1489-1504.

VERTICAL DISTRIBUTION OF CARBON ($\delta^{13}\text{C}$) IN PALZA PEATLAND IN THE LOWER CHERNAYA RIVER (NAO)

Golubeva Yu.V., Marchenko-Vagapova T.I.

Abstract. The vertical distribution of stable carbon isotopes in a section of palza peatland deposits in the lower reaches of the Chernaya River (NAO) was analyzed. The study of $\delta^{13}\text{C}$ variations served as an indicator of its formation conditions during the preboreal to the subatlantic periods of the Holocene.

УДК:551.89/551.793.9

РАЗНООБРАЗИЕ НЕПЫЛЬЦЕВЫХ ПАЛИНОМОРФ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА САМБИЙСКИЙ (МИС 2, ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ПРИБАЛТИКА)

Ю.В. Голубева¹, Т.И. Марченко-Вагапова^{1,2}

¹Институт Геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

²РГПУ им. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

yvgolubeva@geo.komisc.ru, timarchenko@geo.komisc.ru

Аннотация. Приводятся данные исследования непыльцевых палиноморф, содержащихся в осадках нижней части Самбийского разреза и идентифицированных при палинологическом анализе. Обнаружено достаточно богатое разнообразие микропалеонтологических объектов, которые были отнесены к группам растительных и животных остатков, грибов. Изучение непыльцевых палиноморф (НПП) позволило получить сведения об экологических и климатических изменениях во время формирования озерных отложений, дополняющие выводы по спорово-пыльцевым данным.

Ключевые слова: позднеледниковье, непыльцевые палиноморфы, Самбийский разрез.

Исследование НПП – одно из активно развивающихся в последние годы направлений в изучении палеоэкологии. Анализируя НПП в составе пыльцевого комплекса, палинологи

получают весьма полезную информацию об экосистемах прошлого и детализируют палеогеографические реконструкции, основанные на результатах изучения спор и пыльцы растений.

Определение палиноморф проводили в пробах из нижней части озерных отложений разреза Самбийский (54°50' с.ш., 20°30' в.д.) в Юго-Восточной Прибалтике, представленных илами и песчаными илами. Полученные для разреза датировки показывают, что изученная часть осадочной толщи формировалась с конца плениглияциала до второй половины аллереда (Druzhinina et al., in prep.). Для идентификации палиноморф использовались цифровые биологические микроскопы «UDFU 300» при увеличении 500 и «Motic BA 300» при увеличении 400, а также определители и атласы: Кац и др., 1977; Мазей, Цыганов, 2006; Снитко, Сергеева, 2003; Jankovska, Komarek, 2000; электронные базы данных: nordicmicroalgae.org, digicodes.info, inaturalist.org и др. Их содержание вычислялось от суммы пыльцы древесных пород и травянистых растений (AP+NAP=100%).

Обнаруженные НПП были отнесены к следующим группам: растительные и животные остатки, грибы и палиноморфы неизвестной таксономической принадлежности (рисунок).

Основная масса находок принадлежит растительной группе, сформированной преимущественно водорослями трех типов: **зеленых, разножгутиковых и жгутиковых водорослей**. Из первого типа, характеризующегося преобладанием численности организмов, выделены водоросли двух порядков – протококковых и десмидиевых. Меньшее участие в составе группы приходится на цисты динофлагеллят и устьица высших растений.

Наиболее значимую долю среди **зеленых водорослей** образуют обнаруженные практически во всех исследованных образцах протококковые водоросли рода *Pediastrum*, являющиеся в палеолимнологии индикатором пресноводных условий. Среди них определены *Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *P. kawraiskyi*, *P. orientale*, *P. integrum* var. *integrum*, *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *pseudoglabrum*, *P. boryanum* var. *longicorne*, *P. boryanum* var. *brevicorne*, *P. duplex* var. *duplex*, *P. duplex* var. *rugulosum*, *P. duplex* forma. В средней части изученного интервала разреза отмечены в достаточно большом количестве клетки вида пресноводных одноклеточных зеленых водорослей из семейства Hydrodictyaceae *Tetraëdron minimum*, предпочитающего прогретую богатую питательными веществами воду эвтрофных водоёмов. В числе протококковых водорослей идентифицированы формы родов *Scenedesmus* и *Penium*. Существенную часть группы составили десмидиевые водоросли, среди которых определены пресноводные типичные для илов *Cosmarium*, *Euastrum* и *Staurastrum*. Некоторые виды этих родов способны переносить как кислую, так и щелочную среду. К тому же, они требовательны к чистоте воды. Среди десмидиевых также встречены единичные оогонии харовых водорослей, живущих в пресноводных водоемах. Разножгутиковые водоросли представлены *Botryococcus braunii*, обитающими в слабоминерализованной (гумусовой) воде. Жгутиковые водоросли выявлены лишь в одном образце в кровле изученного интервала. В составе группы растительных НПП наряду с водорослями также участвуют цисты динофлагеллят, большая часть которых сконцентрирована в нижней части разреза. Эти микроорганизмы имеют широкий экологический спектр: от озер до океанов, от экватора до полярных областей. К сожалению, на данный момент их таксономическая принадлежность не установлена, но работа в этом направлении авторами будет продолжена. Обращают на себя внимание устьица хвойных растений, подтверждающие произрастание древесных пород.

К остаткам животного происхождения были отнесены находки раковинных амёб (обитают в различных типах мохового покрова), фрагменты мелких ветвистоусых и веслоногих рачков *Cladocera*, клещей, яйца турбеллярий, части других насекомых.

В группе грибов отмечались гифы, конидии и споры. Чаще всего встречались почвенный гриб *Glomus* и паразитирующие на листьях и хвое высших растений *Microthyrium*. Находки микроостатков грибов вышеуказанных родов в озерных отложениях позволяют зафиксировать следующие особенности процессов осадконакопления: эти организмы не являются водными, поэтому их присутствие в донных осадках указывает на смыл почвенного слоя в водоем. Наблюдаемые в разрезе Самбийский пики содержания спор *Glomus* (2-5%)

свидетельствуют об интенсификации эрозии почв в водосборном бассейне, что может быть связано с разреживанием растительного покрова, усилением стока. В голоценовых осадках наличие спор *Glomus* может быть индикатором антропогенного воздействия. Наличие щитовидных плодовых тел (тириотециев) *Microthyrium* указывает на локальное произрастание лесной растительности или кустарничков. Выделенная группа НПП неизвестной таксономической принадлежности требует дальнейшего изучения.

Проведенные исследования непыльцевой части спектров позволили проследить природно-климатические изменения, синхронные осадконакоплению в основании разреза Самбийский. Предварительно можно сказать, что выявленные изменения в составе НПП хорошо согласуются с тремя спорово-пыльцевыми комплексами, выделенными для данной толщи осадков и соотнесенными с периодами потеплений и похолоданий в пределах МИС 2. Спорово-пыльцевой комплекс с инт. глубин 8.88 – 9.65 м свидетельствует об редкостойности лесных палеосообществ, а также зарастание мелководий озера макрофитами в этот период. Максимальное содержание водорослей *Pediastrum kawraiskyi* в сочетании с *P. integrum* var. *integrum* характеризуют холодный глубоководный водоём. В пределах зоны выделяются три кратковременных пика почвенного гриба *Glomus* (до 2%), количество переотложенных палиноморф варьирует от 5 до 20%. Это в совокупности со множеством углистых частиц и низкой насыщенностью осадков пылью указывает на интенсивные, наиболее значимые на протяжении изученного интервала, абразионные процессы, обусловленные, вероятно, незакрепленным растительным покровом грунтом.

Спорово-пыльцевой комплекс в инт. глубин 7.9 – 8.55 м отражает достаточно мягкие климатические условия и распространение сосново-березовых лесных группировок с единичным участием ели при продолжившемся зарастании мелководий макрофитами. Произрастание ели подтверждают находки устьиц в образце с гл. 8.35 м. Среди зеленых водорослей отмечается резкое увеличение численности тестаций рода *Pediastrum*. При этом большая часть из них имеет плохую сохранность, что не позволило провести более детальную идентификацию. Однако определенно можно сказать, что из их состава выпал *P. kawraiskyi*. Значительный рост численности представителя пресноводного планктона *Tetraëdron minimum* указывает на прогрев воды в водоеме. Сохранение пресноводных условий подтверждается также ростом количества требовательных к чистоте воды десмидиевых водорослей *Cosmarium*. Исчезновение из состава НПП спор почвенного гриба, микрочастиц угля при стремительном росте колоний водорослей, а также увеличение насыщенности осадков пылью свидетельствует о закреплении субстратов растительностью и активизацию почвообразовательных процессов, что резко ограничило снос минерального материала в палеоводоём и денудационные проявления на водосборе.

Палинологический комплекс в инт. глубин 7.00 – 7.87 м указывает на то, что лесная растительность приобрела менее сомкнутый характер вследствие ухудшения климатических условий. Остатки гриба *Microthyrium* в образце с гл. 7.6 м подтверждают локальное произрастание кустарниково-лесной растительности. Восстановились благоприятные условия для *Pediastrum* sp. В озере были распространены водоросли *Pediastrum kawraiskyi*, *P. orientale*, *P. integrum* var. *integrum*, *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *pseudoglabrum*, *P. boryanum* var. *longicorne*, *P. boryanum* var. *brevicorne*, *P. duplex* var. *duplex*, *P. duplex* var. *Rugulosum* и *P. duplex* forma. В озерах Южной Карелии в позднеледниковье этот род также был широко представлен, преимущественно космополитом *P. boryanum* var. *boryanum* (Шелехова и др., 2021). В спектрах чаще встречались микроугли и споры гриба *Glomus* (2-4%), вновь появились дочетвертичные споры и пыльца в незначительном количестве, вероятно в результате некоторого усиления абразии, вызванного увеличением площадей, занятых распространением открытыми растительными местообитаниями с нестабильным почвенным покровом, а также аридизацией климата. Рост количества зеленых водорослей *Botryococcus*, обычных для пресноводных мелких, слегка заболоченных водоемов (Van Geel, 2001), позволяет предположить развитие в окрестностях озера хорошо прогреваемых мелководий.

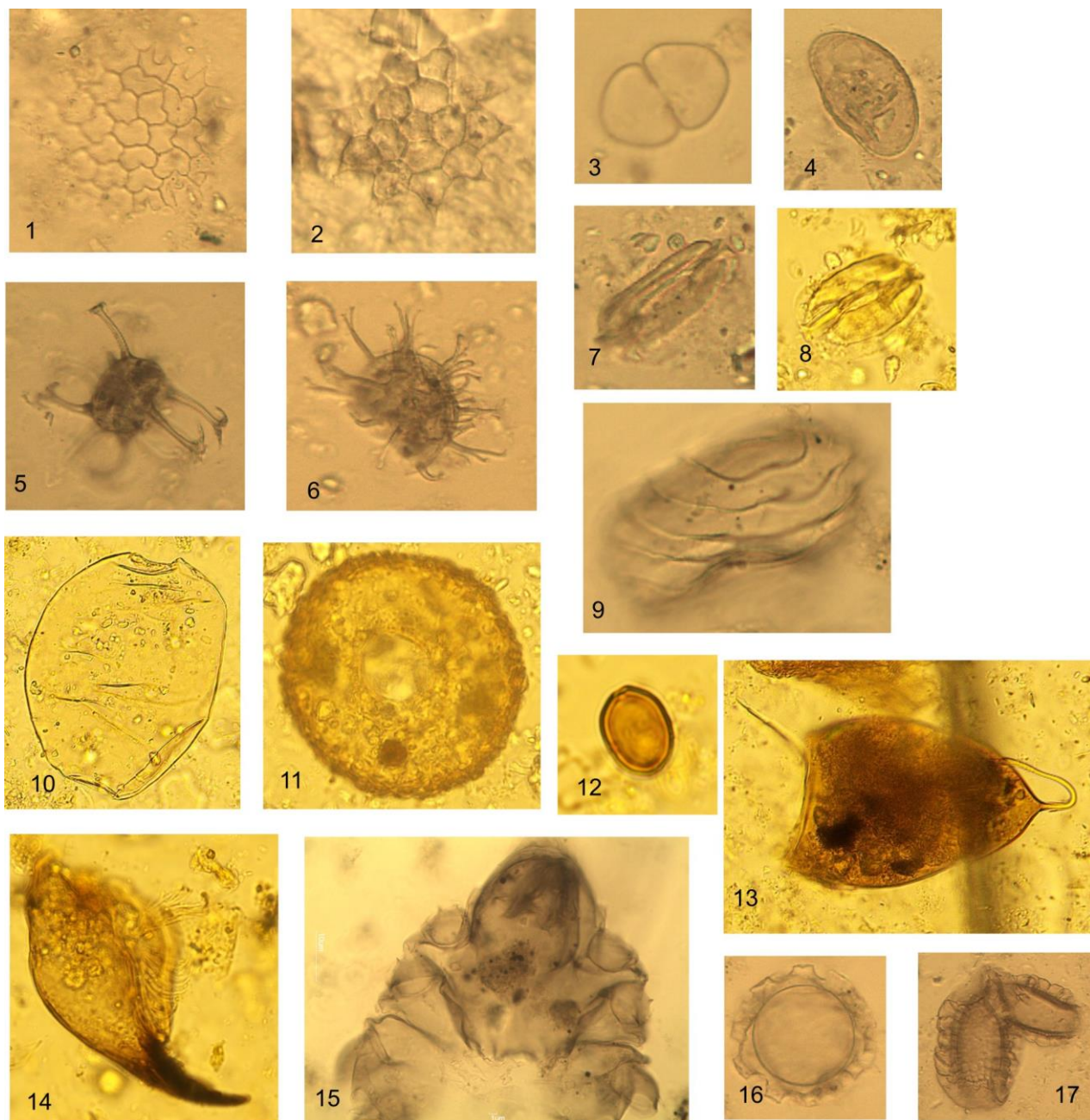


Рисунок. Основные типы непыльцевых палиноморф (ННП). 1. *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*; 2. *Pediastrum* sp.; 3. *Cosmarium* sp.; 4. *Cosmarium* sp.; 5. Циста динофлагеллят; 6. Циста динофлагеллят; 7. устье *Pinus* sp.; 8. устье *Piceae* sp.; 9. Оогонии харовых; 10. раковинная амeba; 11. раковинная амeba; 12. Споры грибов; 13. ооцист турбеллярий; 14. фрагмент веслоногого рачка *Cladocera*; 15. клещ; 16. Неопределенная ННП; 17. Неопределенная ННП.

Исследования выполнены за счет средств гранта Российского научного фонда №22-17-00113-П «Критические рубежи и палеоклиматические события позднего плейстоцена и голоцена, и их роль в формировании природно-культурных ландшафтов юго-восточной Прибалтики».

Литература

- Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. 1977. Атлас растительных остатков в торфах. М.:Недра. 376 с.
- Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. 2006. Пресноводные раковинные амeбы. Товарищество научных изданий КМК. Москва. 300с.

- Снитко Л.В., Сергеева Р.М. 2003. Водоросли разнотипных водоемов восточной части Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН. 166 с.
- Шелехова Т.С., Тихонова Ю.С., Лазарева О.В. 2021. Динамика природной среды и развития озера Окуньозеро в Южной Карелии в позднеледниковье и голоцене (по микропалеонтологическим данным) // Труды Карельского научного центра РАН. № 4. С. 134–152.
- Jankovska V., Komarek J. 2000. Indicative Value of *Pediastrum* and other Coccal Green Algae in palaeoecology. *Folia Geobotanica* 35. Pp. 59-82.
- Van Geel B. 2001. Non-pollen palynomorphs // *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments* / Eds. Smol J. P., Birks H. J. B., Last W. M. Dordrecht: Kluwer. Vol. 3. P. 99–119.

DIVERSITY OF NPP IN THE DEPOSITS OF THE SAMBIAN SECTION (MIS 2, SOUTH-EASTERN BALTIC)

Golubeva Yu.V., Marchenko-Vagapova T.I.

Abstract: This paper presents data from a study of the Sambian section of sediments. These sediments yield a rich diversity of non-pollen palynomorphs related to plant and animal groups, as well as fungi. Using NPP, additional information was obtained on the environmental and climatic changes during the formation of these sediments.

УДК:551.89/551.793.9

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСЛОИСТОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ПОЛЕВСКОЕ И ЛАВКОЗЕРО

**А.А. Гольева¹, М.П. Верб², Н.С. Мергелов¹, А.В. Орлов³, Д.А.Субетто³,
Н.В. Макиевский²**

¹*Институт географии РАН, Москва, Россия, Golyevaаа@yandex.ru,
nikita.mergelov@gmail.com*

²*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия, m_verba@mail.ru*

³*РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, subetto@mail.ru*

Аннотация. С целью изучения микрослоев (толщина слоя ≤ 2 мм) из отложений двух озер (Полевское и Лавозеро) были сделаны шлифы как из «розовых горизонтов», так и обычных образцов из кернов. Шлифы изучались при помощи поляризационного, рамановского и электронного сканирующего микроскопов. При работе с электронным сканирующим микроскопом дополнительно использовался микрозондовый анализатор. Результаты комплексного микроскопического исследования представлены в данной работе.

Ключевые слова: микрослои, «розовый горизонт», шлифы, поляризационный микроскоп, электронный сканирующий микроскоп, рамановский спектр, микроанализатор.

Работа является продолжением изучения озерных осадков с целью определения причин специфической окраски «розового горизонта» в ленточных глинах. Предыдущие исследования (Гольева и др., 2025) выявили наличие микробных матов в составе данного горизонта, но какой-либо ярко выраженной концентрации отдельных химических элементов в этих горизонтах по сравнению с другими обнаружено не было. Было высказано предположение, что причиной, не позволившей определить геохимическую специфику «розовых горизонтов», является ошибка при отборе проб на анализ. Мы анализировали

усредненную пробу, а вся толща представлена чередованием микрослоев разной окраски и плотности.

Под термином «микрослои» мы понимаем слои, имеющие толщину ≤ 2 мм. Чтобы сохранить последовательность слоев, их специфику (мощность, характер сложения и пр.) образцы изучались в виде шлифов, сделанных в лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии ИГРАН. Пропитка смолами позволила зафиксировать тонкую слоистость осадков.

Объектами исследования были отложения двух озер – Полевского и Лавозера. Для проведения сравнительного анализа были рассмотрены шлифы, сделанные из слоев «розового горизонта» и расположенных рядом слоев без подобной окраски.

Изучение слоев проводилось с помощью микроскопов: 1) поляризационного, 2) рамановского и 3) электронного сканирующего с микрозондовым анализатором.

Во всех случаях фиксируется чередование плотных глинистых прослоев желтоватой и светло-буровой окраски (далее – тяжелые слои) и рыхлых, песчано-пылеватых (далее – легкие слои). Мощность слоев не выдержана, границы тяжелых микрослоев в нижней части неровные, в верхней – линейные, а в шлифах из «розового горизонта» часто – абсолютно ровные. Легкие слои имеют разную степень сортировки пылеватого материала вне зависимости от цвета горизонта. Во всех образцах много мелких (точечных) включений черного цвета. В легких микрослоях из «розового горизонта» Полевского озера четко видны мелкие округлые образования яркого пурпурного цвета. Концентрация этих образований в разных прослоях различна, но, очевидно, именно они создают общую розовую окраску. В расположенных рядом прослоях из «обычных» горизонтов этого же озера подобных включений нет. Микрослои из «розового горизонта» Лавозера не содержат подобных включений, они характеризуются большим количеством точечных железистых стяжений, возможно, биогенного происхождения.

Изучение темноцветных частиц из Полевского озера на рамановском микроспектрометре показало, что это – геологический углерод. Спектры указывают на шунгит. А в образцах из «розового горизонта» Лавозера темноцветные частицы представлены магнетитом и гематитом. Эти частицы размером в десятки микрон присутствуют в виде скоплений, образуя иногда дендритные структуры. Каждая частица – это континуум переходов магнетита в гематит. Подобная ассоциация минералов может возникать в результате деятельности бактерий, но относительно большая размерность данных образований скорее свидетельствует о геологическом, чем биологическом их генезисе.

Электронная микроскопия с использованием микрозонда показала, что различия между тяжелыми и легкими микрослоями имеют не только гранулометрические, но и геохимические различия. Особенно четко это видно по концентрации и распределению кремния и кислорода, в меньшей степени – азота и железа.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24–17–00206, <https://rscf.ru/project/24-17-00206>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Литература

Гольева А.А., Субетто Д.А., Мергелов Н.С., Орлов А.В., Дзини С., Хохлов Н.В. 2025. К вопросу о составе «розового горизонта» в ленточных глинах Онежского приледникового озера // Журнал Сибирского федерального университета. Биология, № 18(3), с. 272-284.

STUDY OF MICROLAYERATION OF DEPOSITS OF LAKES POLEVSKOYE AND LAVKOZERO

Golyeva A.A., Lebedeva M.P., Mergelov N.S., Orlov A.V., Subetto D.A., Makievskij N.V.

Abstract. To study microlayers (layer thickness ≤ 2 mm) from sediments of two lakes (Pleshcheyevo and Lavozero), thin sections were made from both "pink horizons" and standard core samples. The thin sections were examined using polarization, Raman, and electron scanning microscopes. A microprobe analyzer was additionally used when working with the electron scanning microscope. The results of this comprehensive microscopic study are presented in this paper.

УДК 551.583.7:551.794

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КЛИМАТЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПРИБАЛТИКИ В МИС 2

О.А. Дружинина,¹ Т.И. Марченко-Вагапова^{1,2}, Ю.В. Голубева², А.В. Пронина¹, А.А. Бурко^{1,3}, И.Н. Сходнов³

¹РГПУ им. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

²Институт Геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

³Научно-исследовательский центр «Прибалтийская археология», Калининград, Россия
olga.alex.druzhinina@gmail.com

Аннотация. Представлены новые данные реконструкций палеоклимата юго-восточной Прибалтики, полученные для временного интервала МИС2 (~18-11.7 тыс.кал.л.н.) методом современных аналогов по палинологическим данным палеоархивов Камышовое, Куликово и Самбийский (Калининградская область). Проведено сравнение с результатами палеотемпературных реконструкций по макроботаническим и хирономидным данным Балтийского региона. Средние летние температуры для большей части конца пленигляциала и позднеледниковья Балтийского региона реконструируются в диапазоне +13+18°C, что характерно для зоны тайги: как северной с летними температурами +12 +16 °C, так и средней и южной с температурой +16 +18 °C. Кратковременные периоды понижения летних температур до +9 +11°C могут характеризовать природные условия лесотундры. Для исследованного интервала зафиксировано усиление континентальности климата за счет аридизации зимних сезонов.

Ключевые слова: палеоклимат, МИС2, метод современных аналогов, юго-восточная Прибалтика.

В исследовании климатических характеристик прошлого по биотическим данным существует два основных методических подхода (Новенко, 2016). Первый основан на изучении экологических требований видов ископаемой флоры, второй – на выявлении статистических связей между составом спорово-пыльцевых спектров или хирономидных сообществ прошлого и климатическими условиями территории, для которых подобный состав зафиксирован в настоящее время. К первому из них относится метод индикаторных видов (Гричук, 1989), ко второму – метод современных аналогов, направленный на поиск переходных функций между составом биоиндикаторов и температурными и другими климатическими параметрами (Overpeck et al., 1985).

Наиболее детальные палеоклиматические данные по ботаническим макроостаткам (ископаемой флоре) получены за последнее десятилетие в Скандинавии (Schenk et al., 2020). В палеоклиматических реконструкциях использованы данные по 62 видам растений-индикаторов климата, полученные по 15 седиментационным архивам Скандинавии (Schenk et al., 2020). Все растения-индикаторы были выделены в несколько групп: субарктическую

(*Carex Vesicaria*, *Calluna vulgaris*, *Pinus sylvestris*, *Urtica dioica*, *Viola canina* и др.); таежную (*Myriophyllum*, *Fragaria vesca*, *Phragmites australis*, *Nymphaea spp.*, *Alisma plantago-aquatica*, *Alnus glutinosa* и др.); бореально-неморальную (смешанных лесов) (*Silene nutans*, *Typha latifolia*, *Ranunculus flammula*, *Campanula latifolia*, *Plantago uniflora*, *Carex disticha* и др.). По результатам исследования сделан вывод, что летние условия с минимальными температурами июля +14+16 °С преобладали на протяжении конца пленигляциала и всего позднеледникового периода, начиная примерно с 15 тыс. лет назад.

В последнее десятилетие в странах Балтии и Польше, а также в Калининградской области проведены многочисленные исследования хирономидных сообществ и реконструкции палеотемператур на их основе (Płóciennik et al. 2011; Dzieduszyńska et al. 2014; Luoto et al. 2019; Druzhinina et al., 2020; Šeirienė et al., 2020; Пронина и др., 2023). По данным хирономидного анализа, для южной Прибалтики (Польша) реконструированы температуры июля от +16+18 °С в интервале 16 200 – 10 050 кал.л.н.; и +14°С для ВØ и YD и +16°С для AL (северная Литва). Снижение температуры июля во время позднего дриаса по хирономидным данным не фиксируется или варьирует в пределах от +14.0+15.8°С. Исследования хирономидных сообществ палеоархивов Калининградской области показало колебание летних температур в пределах +10+18°С в зависимости от использованной модели.

Реконструкции климатических условий методом современных аналогов проведены по палинологическим данным разрезов Камышовое (54°22' с.ш., 22°42' в.д.), Куликово (54°56' с.ш., 20°21' в.д.) и Самбийский (54°50' с.ш., 20°30' в.д.). Метод позволяет определить среднегодовую температуру воздуха, среднюю температуру зимнего и летнего периодов, среднегодовое и сезонное количество осадков. Полученные данные показывают, что летние температуры воздуха в конце пленигляциала и в позднеледниковье (~18-11.7 тыс.кал.л.н.) варьировали в пределах +9+17°С со среднелетней температурой +13+14°С. Перепады зимних температур в этот период были выражены сильнее: минимальные составляли -22°С, максимальные -1°С, среднее значение для значительной части позднеледниковья составляет -10-12°С. Реконструировано усиление континентальности климата за счет аридизации зимних сезонов на протяжении большей части пленигляциала и позднеледниковья.

Таким образом, палеоклиматические характеристики, полученные по трем различным видам данных (макроботаническим, хирономидным, палинологическим), в целом, хорошо коррелируются. Реконструируемые в диапазоне +13+18°С июльские температуры для конца пленигляциала и позднеледниковья Балтийского региона характерны для зоны тайги: как северной с летними температурами +12+16 °С, так и средней и южной с температурой +16+18 °С. Последнее также типично для зоны смешанных лесов. Кратковременные периоды понижения летних температур до +9+11°С могут характеризовать природные условия лесотундры.

Благодарности. Исследования выполнены за счет средств гранта Российского научного фонда №22-17-00113-П «Критические рубежи и палеоклиматические события позднего плейстоцена и голоцена, и их роль в формировании природно-культурных ландшафтов юго-восточной Прибалтики».

Конфликт интересов отсутствует.

Литература

- Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. – М.: Наука, 1989. – 183 С.
- Новенко Е.Ю. 2016. Изменение растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС. 228 с.
- Пронина А.В., Л.С. Сырых, Л.Б. Назарова, И.М. Греков, О.А. Дружинина. Таксономический состав комаров-звонцов в озерных отложениях разреза Куликово (Калининградская

область) // Материалы XV молодежной научной школы- конференции «Меридиан»: исследования природы и общества в условиях глобальных трансформаций, Москва, ИГ РАН, 8-11 ноября 2023.

- Dzieduszyńska, D.; Kittel, P.; Petera-Zganiacz, J.; Brooks, S.; Korzeń, K.; Krapiec, M.; Pawłowski, D.; Płaza, D.; Płóciennik, M.; Stachowicz-Rybka, R.; et al. Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quat. Int.* 2014, 324, 99–114.
- Druzhinina O., Kublitskiy Y., Stančikaitė M., Nazarova L., Syrykh L., Gedminienė L., Uogintas D., Skipityte R., Arslanov Kh., Kulkova M., Subetto D. The Late Pleistocene - Early Holocene Palaeoenvironmental Evolution in the SE Baltic Region, Kaliningrad District, Russia: a new approach based on chironomid, geochemical and isotopic data from Kamyshovoe Lake // *Boreas*. – 2020. – V. 49. Is. 3. – P. 544–561. doi: 10.1111/bor.12438.
- Luoto, T.; Kotrys, B.; Płóciennik, M. East European chironomid-based calibration model for past summer temperature reconstructions. *Climate Research*, 2019, 77, 63–76.
- Overpeck, J.T., Webb, T., III, & Prentice, I.C. (1985). Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quaternary Research*, 23, 87–108.
- Płóciennik, M., Self, A., Birks, H. J. B. & Brooks, S. J. 2011: Chironomidae (Insecta: Diptera) succession in Żabieniec bog and its palaeo-lake (central Poland) through the Late Weichselian and Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 307, 150–167.
- Schenk, F.; Bennike, O.; Valiranta, M.; Avery, R.; Björck, S.; Wohlfarth, B. Floral evidence for high summer temperatures in southern Scandinavia during 15 - 11 cal ka BP. *Quaternary Science Reviews* 2020, 233, 106243
- Šeirienė V., Gastevičienė N., Stančikaitė M., Gedminienė L. The record of postglacial environmental changes of the lake sediment section, north Lithuania. Регіональні геоекологічні проблеми в умовах сталого розвитку. Збірник наукових праць IV Міжнар. наук.-практ. конференції (Рівне, 22-24 вересня 2020 р.) / Голова редкол. проф. Д.В. Лико [та ін.]. – Рівне: видавець О. Зень, 2020, 47–54

NEW DATA ON THE CLIMATE OF THE SOUTHEASTERN BALTIC REGION IN MIS 2

Druzhinina O.A., Marchenko-Vagapova T.I., Golubeva Yu.V., Pronina A.V., Burko A.A., Skhodnov I.N.

Abstract. New paleoclimate reconstruction data for the southeastern Baltic region are presented. These data were obtained for the MIS2 interval (~18–11.7 ka cal BP) using the modern analogue method based on palynological data from the Kamyshovoe, Kulikovo, and Sambiysky paleoarchives (Kaliningrad Oblast). Average summer temperatures for most of the Pleniglacial and Late Glacial periods in the Baltic region are reconstructed in the range of +13–18°C, which is typical for the taiga zone. Short periods of summer temperature drops to +9–11°C can characterize the conditions of the forest-tundra.

КАРЕЛЬСКАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ СЕТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В 2025 ГОДУ

И.А. Зуева

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, ek92wa@mail.ru

Аннотация. В работе приводится краткая характеристика карельских сейсмических станций, описание сбора и обработки сейсмических данных. С помощью станций Карельской сейсмической сети ежегодно на территории Карелии определяются эпицентры 300-400 сейсмических событий.

Ключевые слова: Карельская сейсмическая сеть, сейсмичность, землетрясение, промышленный взрыв, эпицентр, время в очаге, магнитуда.

Для обеспечения сейсмической безопасности населения необходимо осуществлять непрерывные сейсмические наблюдения с использованием региональной сети сейсмических станций. Сейсмичность Карелии не приводит к катастрофическим последствиям, но при существующей концентрации в регионе промышленных предприятий, подземных коммуникаций, гидротехнических сооружений даже умеренные сейсмические события могут вызвать серьёзные аварии, повреждения инфраструктуры и экологические риски. Поэтому организация сейсмического мониторинга и оценка сейсмической опасности для Карелии имеют ключевое значение. Даже в слабосейсмичных регионах возможны редкие, но разрушительные землетрясения. Мониторинг позволяет выявить скрытые разломы, оценить вероятность сильных событий и уточнить карты сейсмического районирования, что важно для безопасного строительства.



Рис. 1. Сейсмическая станция РІТК.

С 2016 года в Карелии действует обновленная сейсмическая сеть на базе широкополосной аппаратуры – Guralp CMG-6TD и CMG-3ESP (АЦП – GSR 24) (Зуева, 2024; Климовский и др., 2016). Велосиметры CMG-6TD обеспечивают работу сейсмической станции РІТК (Питкяранта) в Питкярантском районе и VOKN (Вокнаволоок), расположенной в Костомукшском городском округе (рис.1).

Велосиметр CMG-3ESP (АЦП – GSR 24) установлен на сейсмостанции PTRZ (Петрозаводск) на базе геофизической обсерватории в Ботаническом саду ПетрГУ.

На каждой сейсмической станции происходит сбор данных, которые сохраняются в виде файлов в формате GCF (стандартный формат для сейсмических данных). Эти файлы содержат информацию о времени, амплитуде, частоте и других параметрах сейсмических событий. Файлы автоматически копируются с велосиметров на сервер ФИЦ Института геологии КарНЦ РАН по защищённому интернет-каналу связи. На сервере института для каждой станции создаётся отдельная папка с названием действующих сейсмических станций. Все поступающие файлы GCF

помещаются в соответствующую папку, что позволяет легко идентифицировать источник данных. После размещения файлов в нужных папках они становятся доступны для исследователей и автоматизированных систем анализа сейсмической активности. Далее, группа сейсмологов Института геологии выполняет следующие основные процедуры:

- конвертация поступивших со станций сейсмических данных из формата GCF в формат CSS;
- просмотр записей и обработка сейсмических событий (выделение Р- и S- волн, определение времени в очаге, расчет координат эпицентров сейсмических событий и локальной магнитуды) в программе ELRESS (Асминг, 2004);
- формирование сейсмического каталога местных землетрясений и промышленных взрывов;
- создание карт сейсмичности региона.

По сейсмическим наблюдениям было установлено, что очаги современных землетрясений возникают в основном на севере региона (Лоухский, Калевальский районы). Единичные случаи зарегистрированы в Белом море и в районе г. Костомукши. Промышленные взрывы являются наиболее частыми и яркими сейсмическими событиями на записях Карельской сейсмической сети. Большая часть эпицентров взрывов располагается вблизи берегов Онежского и Ладожского озер, а также в районе г. Костомукши. По сейсмическим наблюдениям последних лет активные взрывные работы ведутся в Медвежьегорском, Суоярвском, Муезерском, Сортавальском, Лахденпохском, Питкярантском, Кондопожском, Прионежском, Пряжинском, Пудожском районах, а также в районе г. Костомукши. Все крупные взрывы рассредоточены и проводятся с коротким замедлением.

Благодарности. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось за счет средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2023-0008)

Конфликт интересов отсутствует

Литература

- Асминг В.Э. Создание программного комплекса для автоматизации детектирования, локации и интерпретации сейсмических событий и его использование для изучения сейсмичности Северо-Западного региона: автореф. ... дис. канд. физ.-мат. наук: 25.00.10. Москва. 2004. 24с.
- Зуева И.А. Идентификация сейсмических событий на территории Карелии: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 1.6.9. Москва. 2024. 190 с.
- Климовский А.В., Мещерякова В.А., Лебедев А.А. Динамические характеристики сейсмической станции "Петрозаводск" // Труды Карельского научного центра РАН. Сер.: Геология докембрия. 2016. № 2. С. 105 – 111.

KARELIAN SEISMIC NETWORK AND RESULTS OF SEISMIC MONITORING IN 2025

Zueva I.A.

Abstract. The paper provides a brief description of the Karelian seismic stations and the collection and processing of seismic data. The Karelian seismic network stations annually determine the epicenters of 300-400 seismic events in Karelia.

ОНЕЖСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ В КОНЦЕ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И В ГОЛОЦЕНЕ

О.П. Корсакова

Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия, o.korsakova@ksc.ru

Аннотация. Опираясь на опубликованные данные, показаны основные палеогеографические черты Онежского залива Белого моря. Несмотря на свое южное положение, дегляциация здесь закончилась в пребореале из-за ледниковой плотины на входе в залив и длительного таяния мертвого льда. В южной части залива существовал приледниковый водоём, который осолонялся после пребореала. Тогда же началась и стабилизация береговой линии залива. В бореале–атлантикуме из-за замедления гляциоизостатического поднятия и притока баренцевоморской воды произошло затопление части побережья, и проявилась морская трансгрессия Тапес.

Ключевые слова: дегляциация, осадочные последовательности, приледниковое озеро, морской бассейн, трансгрессия Тапес

Онежский залив отделён от бассейна Белого моря условной линией, соединяющей мыс Горболукский и находящийся примерно в 110 км к западу от него мыс Маркнаволок (Рис. 1). Северо-восточный берег залива до устья р. Онега называется Онежским берегом, далее до порта Кемь – Поморским, а севернее – Карельским берегом. Онежский залив является самой южной частью Белого моря, самой мелководной с глубиной от 5 до 20–50 м. Отличается он и тем, что отделен островами (Соловецким архипелагом, который разделяет вход в залив на проливы).

История изучения и фактический материал, который показывает историю Онежского залива, получен при изучении дна залива, а также морфологии берегов и осадков на побережье. Строение дна залива наиболее подробно изучены Беломорской экспедицией ИО АН в колонках по нескольким профилям (Рис. 1). Установлено (Невеский и др., 1977), что к северу от о. Анзерский (профиль I) в основании разреза залегают флювиогляциальные и ледниково-озёрные отложения, к югу от него (профиль III) – позднедриасовые флювиогляциальные, в кутовой части залива (профиль VII) – ледниковые суглинки и ледниково-озёрные ленточные глины. В колонках всех профилей отмечены ледниково-морские ил, песок, песчанистый ил, накапливавшиеся в позднем дриасе–середине пребореала. Повсеместно выявлены морские осадки.

По результатам геологической съёмки 1970-80-х годов в Онежском заливе плащеобразно залегающая донная морена перекрыта слоистыми ледниково-озёрными и ледниково-морскими осадками, накапливавшимися у края ледника в сямозёрскую (невскую) фазу оледенения, который находился в районе Соловецкого архипелага и в средней части залива (Рис. 1). В ленточных глинах центральной и южной частей залива выявлен палеомагнитный экскурс Гётеберг с возрастом 13-12 тыс.л.н., а сейсмоакустические данные предполагали, что ледниковые отложения в заливе залегают чешуями из-за осцилляторных подвижек ледника (Рыбалко и др., 1987).

В начале XXI века по литологическим и биостратиграфическим данным из скважины к северу от Соловецкого архипелага (красный кружок на Рис. 1) и из других скважин в бассейне Белого моря (Полякова и др., 2014) сделано предположение, что в позднем дриасе в северной части Онежского залива уже существовал холодный, солоноватоводный водоём; ледниково-морские условия сменялись морскими в пребореале, а в бореале увеличился приток баренцевоморской воды; в атлантикуме отмечены наиболее благоприятные для биоты

условия, а в начале суббореала – похолодание, снижение притока баренцевоморской воды и увеличение ледовитости.

Значимые для реконструкции истории Онежского залива данные были получены в долине р. Тамица (1 на Рис. 1), где в основании разреза террасы описаны (Кошечкин и др., 1977) флювиогляциальные галечники, перекрытые плотной глиной с единичными диатомовыми (по-видимому, отложения приледникового водоёма). На глине залегает торф, датированный 8705 ± 70 ^{14}C лет (Tln-70) (9909–9535 кал.л.н.), с пресноводными и пресноводно-солончатоводными диатомовыми (регрессия и длительная стабилизация береговой линии залива в бореале); торф перекрыт суглинком с обильными останками растений, датированный 6455 ± 00 ^{14}C лет (Tln-80) (7509–7249 кал. л.н.), с доминирующими пресноводными диатомовыми (переувлажнение и затопление торфа в конце пребореала–начале атлантикума в ходе трансгрессии Тапес на фоне притока пресной воды р. Онега). В кровле разреза залегает морской суглинок (трансгрессия Тапес). С данными по разрезу на р. Тамица сопоставимы результаты изучения берегов на северо-западе Онежского п-ва (2 на Рис. 1), где выявлены два их уровня (Репкина и др., 2018). С позднеледниковым ледовитым и сильно опреснённым бассейном, существовавшим в Онежском заливе не позднее 9496-9542 кал.л.н., согласуется верхний из них, расположенный примерно на 17–30 м н.у.м.

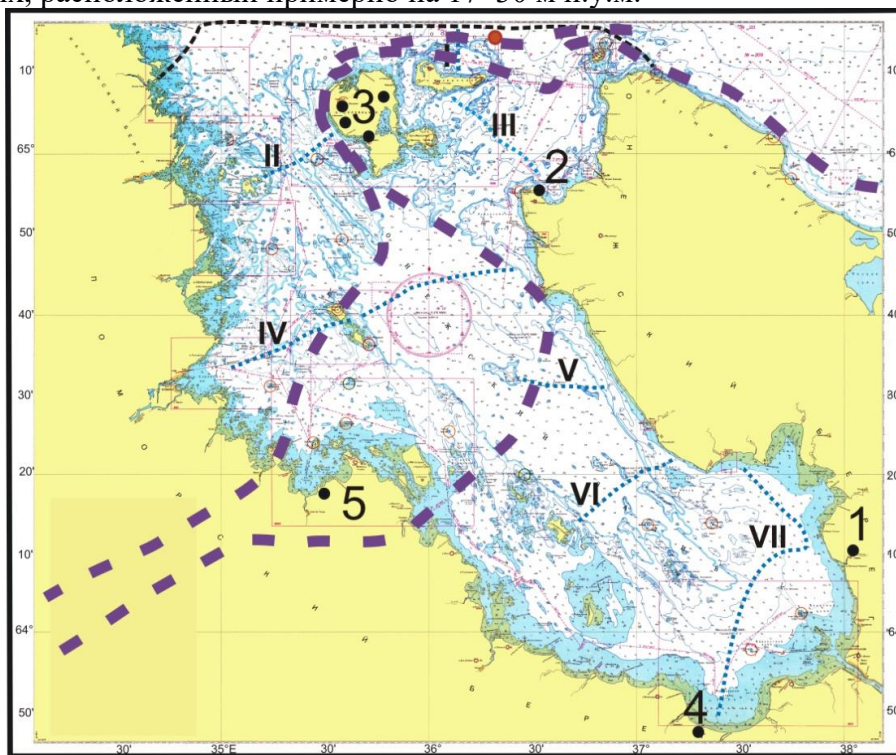


Рис. 1 Онежский залив Белого моря (по Атлас..., 1989) и его изученность: голубые пунктирные линии и римские цифры показывают профили, по которым расположены колонки донных осадков, полученных Беломорской экспедицией в 1964-1966 и 1968 гг.; красный кружок – положение скважины 6062 с биостратиграфией; арабскими цифрами показаны районы исследования береговых образований и изолированных бассейнов: 1 – долина р. Тамица (по Кошечкин и др. 1977), 2 – губа Конюхова (см. Репкина и др. 2018), 3 – о. Бол. Соловецкий (по Ludikova et al., 2023), 4 и 5 – районы Малошуйка и Сумский Посад. Условная граница Онежского залива показана черной пунктирной линией, фронтальная зона ледника в сямозёрскую фазу оледенения (14600–12700 л.н.) ограничена фиолетовыми пунктирными линиями.

Изучение отложений из изолированных бассейнов на о. Бол. Соловецкий (3 на Рис. 1) показало, что во внешней части залива примерно до 10400 л.н. было ледниковое озеро. Его отложения встречены в котловинах выше 30 м н.у.м., причем ледниково-морские отложения здесь не выявлены (Ludikova et al., 2023). Нет их и на Поморском берегу (4 и 5 на Рис. 1), где аналогичными исследованиями на 45 м н.у.м. установлены осадки пребореального возраста с

морскими и солоновато-водными диатомеями (Колька и др., 2018). На о. Бол. Соловецкий голоценовые морские осадки представлены до высоты 17–24 м н.у.м (Rybalko et al., 2025). На Поморском берегу, как и в кутовой части залива, на водноледниковых песках вскрыт торф с возрастом около 11400-10700 кал. л.н., позже затопленный пресными и морскими водами (Колька и др. 2018).

Основные черты истории Онежского залива. Во время оледенения, до сямозёрской его фазы, впадину залива занимала Онежская ледниковая лопасть, а к северу от Соловецкого архипелага Двинская лопасть с Анзерским языком. Они образовали здесь залегающую плащеобразно чешуйчатую субгляциальную морену. В прикраевой части ледника при его отступании к фронтальной зоне длительной невской фазы (Рис. 1) формировались краевые гряды, а в широкой шовной зоне (межлопастной депрессии), обусловленной выступами Соловецких островов, накапливался материал, который способствовал омертвлению значительной части льда, а позже сформировал наиболее выдающиеся формы Соловецкой островной ледниковой возвышенности. В невскую фазу Онежская лопасть надолго, предположительно до начала голоцена, блокировала впадину Онежского залива, где ее лед таял в аллерёде, позднем дриасе и даже в пребореале. В южной части залива в это время образовалось пресное приледниковое озеро. На Поморском берегу и на островах в краевой зоне ледника в отдельных котловинах также были приледниковые озёра, которые в межлопастных условиях могли существовать до бореала.

Осолонение внешней части залива началось в аллерёде при освобождении Горла Белого моря от ледника и отступании ледника на запад. Внутренняя часть оставалась пресноводной по крайней мере до начала пребореала, когда ледяная плотина стала разрушаться, а морская вода из Бассейна Белого моря могла поступать в залив. В это время имела место задержанная дегляциация, сохранялись массивы мертвого льда, а приток пресной талой и речной воды был значительным. На Поморском берегу выявлены осадки соответствующего возраста с морскими и солоновато-водными диатомеями. В пребореале произошла стабилизация береговой линии залива в результате притока не столько морской, сколько речной и талой воды. На побережье в подходящих условиях, а также в области ледникового и водноледникового рельефа при таянии погребенных льдов образовывались торфа. В бореале часть побережья была затоплена, т.к. гляциоизостатическое поднятие замедлилось, а приток баренцевоморской воды увеличился. Высокому уровню уже морского водоёма в атлантикуме способствовала среднеголоценовая трансгрессия Тапес. Её свидетельства есть на Соловецких островах и на северо-западе Онежского полуострова, в кутовой части залива. На Поморском берегу, по-видимому, из-за высокого темпа поднятия земной коры Балтийского щита осадки трансгрессии Тапес не выявлены.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ГИ КНЦ РАН № FMEZ-2024-0007.

Литература

- Атлас единой глубоководной системы России: карта (12009) «Белое море. Онежский залив», масштаб 1:200000. 1989. Доступна по http://www.navytech.ru/White_sea/12009.html (дата обращения 15.03.2026)
- Колька В.В., Корсакова О.П., Лаврова Н.Б. и др. Стратиграфия донных отложений малых озер и палеогеография западного берега Онежского залива Белого моря в позднеледниковье и голоцене // Геоморфология. 2018. № 2. С. 48-59.
- Кошечкин Б. И., Девятова Э. И., Каган Л. Я., Пунинг К. Послеледниковые морские трансгрессии в Онежском Беломорье // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск, 1977. С. 5–16.
- Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.

- Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // ДАН. 2014. Т. 454. №4. С. 467-472.
- Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Субетто Д.А., Потахин М.С., Кунгаа М.Ч, Новикова А.В., Леонтьев П.А. Тр. Кар. научн. центра РАН. 2018. № 1. С. 3–22.
- Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Спиридонова Е.А., Москаленко П.Е. Четвертичные отложения Онежского залива и основные черты его палеогеографии в плейстоцене-голоцене // Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциальных шельфов. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. С. 38-52.
- Хоснуллина Т.И., Элькина Д.В., Пискарев А.Л., Гусев Е.А. Расчленение верхнечетвертичных осадков северной части Баренцева моря с использованием магнитных и палеомагнитных параметров // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. Выпуск 11. С. 400-407.
- Ekman I., Iljin V. Deglaciations, the Younger Dryas End Moraines and their Correlation in Karelian A.S.S.R. and adjacent Areas // Eastern Fennoscandian Younger Dryas End Moraines. Field Conferencion, 1991. P. 73–101.
- Ludikova A.V., Subetto D.A., Kuznetsov D.D., Sapelko T.V. From a large basin to a small lake: Siliceous microfossils stratigraphy of the isolation basins on Big Solovetskiy Island (the White Sea, NW Russia) and its implication for paleoreconstructions // Quaternary International. 2023. Vol. 664-665. P. 61-78.
- Rybalko A.E., Repkina T.Yu., Korsakova O.P., et al. Solovetsky Archipelago in the Late Pleistocene-Holocene: Correlation of marine and land research data // Doklady Earth Sciences. 2025. Vol. 525:26.

ONEZHISKY BAY OF THE WHITE SEA AT THE END OF THE NEOPLEISTOCENE AND IN THE HOLOCENE

Korsakova O.P.

Abstract. Based on published data, the main paleogeographic features of Onega Bay and the White Sea are shown. Despite its southern location, deglaciation here ended in the Preboreal due to a glacial dam at the bay entrance and prolonged melting of dead ice. A periglacial reservoir existed in the southern part of the bay, which became saline after the Preboreal. The bay's coastline also began to stabilize at that time. In the Boreal-Atlanticum, a slowdown in glacioisostatic uplift and the influx of Barents Sea water led to the flooding of part of the coast, and the Thapes marine transgression occurred.

УДК: 551.4.075:551.89

ТУННЕЛЬНЫЕ ДОЛИНЫ СЕВЕРО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

А. Е. Кротова-Путинцева

*Всероссийский геологический научно-исследовательский институт им. А. П. Карпинского,
Санкт-Петербург, Россия, avacha2001@rambler.ru*

Аннотация. Представлены результаты обобщения фактического материала XX-XXI вв. по строению погребенных долин северо-запада Восточно-Европейской равнины. Предложена модель формирования погребенных долин в результате действия субгляциальных вод (субгляциального дренажа). Определены факторы формирования погребенных долин. Имеющийся фактический материал свидетельствует о том, что они являются

неоплейстоценовыми туннельными долинами, а не речными неоген-раннечетвертичного возраста.

Ключевые слова: погребенные долины, доледниковая речная сеть, субгляциальная эрозия, туннельные долины, Скандинавский ледниковый покров, северо-запад Восточно-Европейской равнины

Актуальность. В настоящее время отсутствует единое научное представление о происхождении глубокооврезанных в дочетвертичные породы погребенных долин на северо-западе Восточно-Европейской равнины, неоднократно перекрываемой Скандинавским ледником в квартере (Кротова-Путинцева, 2024).

Цель работы – определить природу погребенных долин северо-запада Восточно-Европейской равнины (территории Санкт-Петербурга, Ленинградской, Псковской, Новгородской областей) и обосновать главные элементы механизма их формирования.

Фактический материал и методы. Погребенные долины выявлены на суше бурением и геофизическими методами в акватории. Геолого-геоморфологическое строение погребенных долин изучалось по фондовым и опубликованным материалам, накопленным за XX-XXI вв. В качестве аналогов использовались погребенные долины лучше изученной Северной Эстонии со сходной геологической историей. Проведена инвентаризация погребенных долин по 20 параметрам, включая генезис и возраст выполняющих четвертичных образований. Для установления факторов формирования погребенных долин участки долин, подтвержденные бурением или геофизикой, были совмещены с картами литологии, водопроницаемости и рельефа субчетвертичного субстрата, а также с гляциоморфологической схемой. Проведен сравнительно-морфологический анализ строения погребенных долин изучаемой территории с туннельными долинами Северной Европы и ледниковыми ложбинами Северной Беларуси.

Результаты. Погребенные долины выполнены преимущественно ледниковыми и водно-ледниковыми образованиями. В них установлены отложения прионежского (MIS 18), урьинского (донского) (MIS 16), окского (MIS 12), вологодского (MIS 8), московского (MIS 6) и поздневалдайского (MIS 2) оледенений. Аллювиальные образования на дне погребенных долин достоверно не установлены, так как не выявлены характерные для погребенного аллювия равнинных рек признаки (по Г. И. Горецкому, 1974): сочетания основных фаций аллювия, укрупнение гранулометрического состава русловых осадков книзу, косая слоистость, постепенное уменьшение абсолютных отметок подошвы аллювия в направлении к базису эрозии.

Минимальные а. о. тальвегов в регионе достигают -282 м (Юрмала), в Северной Эстонии – -143 м, на изучаемой территории до -130 м. Глубина вреза в дочетвертичные породы более 120 м. Поперечный профиль погребенных долин преимущественно V-образный. У некоторых наблюдается двучленное строение: снизу каньонообразный врез, выше – U-образный поперечный профиль. В некоторых долинах наблюдается террасированность бортов. У погребенных долин, вскрытых достаточным количеством скважин или непрерывным сейсмическим профилированием, установлен волнистый продольный профиль. В целом при анализе распределения абсолютных отметок дна погребенных долин видны их беспорядочные колебания. Погребенные долины в большинстве случаев не выражены в рельефе. Долины, частично выраженные в рельефе, заняты озерами или реками. Погребенные долины имеют разное простирание.

Наиболее древние четвертичные образования выполняют погребенные долины Онежско-Ладожского перешейка. В них установлены ледниковые и водно-ледниковые образования прионежского, урьинского и окского горизонтов и озерно-аллювиальные образования пайского и свирского горизонтов нижнего неоплейстоцена, а также ледниковые и водно-ледниковые образования вологодского, московского и осташковского горизонтов среднего и верхнего неоплейстоцена. Погребенные долины Балтийско-Ладожской низины сложены ледниковыми и водно-ледниковыми образованиями вологодского, московского и

осташковского горизонтов. В пределах Волхово-Ловатской низменности долины выполнены ледниковыми и водно-ледниковыми образованиями преимущественно осташковского горизонта, более древние отложения проблематичны. На днище долин залегают гляциофлювиальные или ледниковые образования. В некоторых долинах скважинами были вскрыты отторженцы дочетвертичных образований. Для некоторых долин установлена связь с озами, гляциофлювиальными дельтами, гляциодислокациями.

Погребенные долины формировались преимущественно на малопрочных, водоупорных или слабопроницаемых породах. В районах прочных карбонатных или сильно проницаемых пород, погребенные долины не установлены или развиты незначительно. Погребенные долины тяготеют к подножиям уступов и обходят останцовые возвышенности субчетвертичного рельефа.

Интерпретация и обсуждение. На дне погребенных долин отсутствуют отложения, которые можно отнести к погребенному аллювию. Неровный продольный профиль и в целом беспорядочные колебания абсолютных отметок днищ палеодолин, не образуют картину систематического падения уклона в сторону базиса эрозии. Не доказано и падение базиса эрозии в неоген-раннечетвертичное время, которое могло бы способствовать глубокому врезу долин. На изучаемой территории отсутствуют образования неоген-раннечетвертичного возраста. Можно предположить, что доледниковая речная сеть в то время была неглубокой, поскольку на соседних территориях аллювиальные, озерно-аллювиальные и озерно-болотные неогеновые образования, а также четвертичные доледниковые озерные и аллювиальные образования залегают выше тальвегов погребенных долин. Тогда с учетом значений объемов ледниковой денудации для северо-запада Восточно-Европейской равнины (по В. А. Исаченкову, 1975 – снос 22 тыс. км³, снижение поверхности коренных пород в среднем на 40 м; по Amantov, 1995 – снос 90 тыс. км³, а во впадинах ледниковая эрозия достигала 100-200 м) доледниковые речные долины сохраниться не могли, особенно в областях максимальной ледниковой денудации.

На территории Беларуси среди погребенных долин выделяют формы, образованные эрозионной деятельностью активного льда (ложбины экзарации и выдавливания и др.) (Комаровский, 2009 и др.). Хотя в верхних частях погребенных долин северо-запада России и наблюдается их обработка ледником, а на дне погребенных долин встречаются ледниковые отложения, но еще в прошлом веке отмечалось, что такие характеристики погребенных долин как «извилистость, V-образный поперечный профиль, малую ширину, несогласную с направлением движения ледника ориентировку врезов» нельзя объяснить ледниковым выпаживанием (Малаховский, Федоров, 1984).

Как видно, особенности строения погребенных долин свидетельствуют о водном агенте их формирования. Таким агентом могла быть подледниковая вода, находящаяся под напором, в результате действия которой под ледником образуются туннельные долины - вытянутые, переуглубленные понижения с крутыми, зачастую ассиметричными склонами, врезаемые в коренные породы или в неконсолидированные ледниковые отложения (O'Cofaigh, 1996). Эти формы хорошо изучены в Северной Европе и Северной Америке, которые находились под воздействием Скандинавского и Лаврентийского ледниковых покровов в плейстоцене. Следующие диагностические признаки туннельных долин установлены у погребенных долин изучаемой территории: «горбатый» продольный профиль долин, обусловленный непостоянством гидравлического градиента; падение отметок против регионального уклона; отсутствие аллювия на дне долин; связь некоторых долин с озами (при переходе на прочный субстрат) или гляциофлювиальными дельтами; сложный V/U-образный поперечный профиль (по Kirkham et al., 2024), как следствие влияния ледниковой эрозии на расширение туннельных долин в несцементированных отложениях.

Направление сети туннелей контролируется градиентом давления воды в леднике. Под ледниковым покровом течение воды преимущественно радиально направленно согласно уклону поверхности ледника и направлению движения льда, но будет отклоняться в области возвышенностей и препятствий, а концентрироваться в понижениях рельефа (Benn, Evans,

2002; Bennet, Glasser, 2009). На изучаемой территории такими препятствиями могли быть глинты – Ордовикский и Карбоновый, а также другие возвышенности субчетвертичной поверхности, которые влияли на направление движения воды и как следствие на ориентировку наблюдаемых погребенных долин.

Свойства субстрата являются одним из главных факторов определяющих субгляциальный дренаж талых вод и контролирующих формирование туннельных долин (Kehew et al., 2012). Выявленная связь расположения погребенных долин изучаемой территории с литологией, рельефом и водопроницаемостью субстрата также подтверждает туннельный генезис погребенных долин.

Возможными механизмами формирования погребенных долин являются (O’Cofaigh, 1996; van der Vegt et al., 2012; Kehew et al. 2012): катастрофический спуск талых вод из подледниковых озер и постепенный, устойчивый дренаж талых вод. Спуском подледных озер объясняют формирование туннельных долин в Беларуси (работы Комаровского М.Е., Хилькевич Е.В.). Для них характерны наличие гляциофлювиальных дельт на окончании долин, связь с озерными отложениями, гляциофлювиальные отложения на дне долин. На северо-западе России – это, вероятно, туннельная долина р. Волхов (по Амантов, Амантова, 2014 - Волховско-Мантсинсаарская долина, дренировавшая ледниковый цирк котловины Ладожского озера) с гляциофлювиальной дельтой в Ильменском Поозерье (Комагорова и др., в печати). Строение большинства погребенных долин свидетельствует об их формировании в результате постепенного, устойчивого дренажа с чередованием периодов стока и наступления ледника. Их формирование происходило поэтапно и было связано с действием ранне-, средне- и позднелепистоценового оледенений.

Выводы. Получены данные, свидетельствующие о туннельном генезисе погребенных долин северо-запада Восточно-Европейской равнины, что позволяет считать палеогеографическую и геологическую историю развития этой территории общей с таковой Севера Европы, неоднократно находившейся под воздействием Скандинавского оледенения в квартере.

Литература

- Амантов А. В., Амантова М. Г. Развитие котловины Ладожского озера с позиций ледниковой теории // Региональная геология и металлогения. 2014. № 59. С. 5–14.
- Горецкий Г. И. Основные проблемы палеопотамологии антропогена / Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1974. № 42, С. 3-17.
- Комагорова М. А., Юрченко А. П., Бричева С.С., Украинцев В. Ю., Шашерина Л.В., Лудикова А.В., Степанова К. Г. Строение и генезис гляциального рельефа Ильменского Поозерья (Новгородская область) // Геоморфология и палеогеография, в печати.
- Комаровский М. Е. Палеоложины Белорусского Поозерья. Мн.: БГУ, 2009.
- Кротова-Путинцева А. Е. Погребенные долины северо-запада Восточно-Европейской равнины: распространение, морфология, геологическое строение и проблемы генезиса // Вестник геонаук. 2024. 11 (359). С. 3-13.
- Малаховский Д.Б., Федоров Б.Г. О генезисе и возрасте переуглублений на Севере Европы // Возраст и генезис переуглублений на шельфах и история речных долин. М.: Наука, 1984. С. 134–140.
- Amantov, A., 1995. Plio-Pleistocene erosion of Fennoscandia and its implication for the Baltic Area // Prace Panstw. Inst. Geol. CXLIX. Warszawa. 47–56.
- Benn, Douglas I., Evans, David J. A. 2002. Glaciers and Glaciation. Arnold, 734 p.
- Bennet, Matthew R., Glasser, Neil F., 2009. Glacial geology: ice sheets and landforms. Wiley-Blackwell, 385 p.
- Kehew, A.E., Piotrowski, J.A. and Jørgensen, F. 2012. Tunnel Valleys: Concepts and controversies - A review. Earth Science Reviews 113, 33-58.
- Kirkham, J. D., Hogan, K.A., Larter, R.D. et al. 2024. Tunnel valley formation beneath deglaciating mid-latitude ice sheets: observations and modelling. Quaternary Science Reviews, 323.

- O'Cofaigh, C. 1996. Tunnel valley genesis. *Progress in Physical Geography* 20, pp. 1-19.
- Van der Vegt, P., Janszen, A. and Moscariello, A. Tunnel valleys: current knowledge and future perspectives. In: Huuse, M., Redfern, J., Le Heron, D.P., Dixon, R.J., Moscariello, A. and Craig, J. (Eds.) 2012. *Glaciogenic Reservoirs and Hydrocarbon Systems*. Geological Society, London, Special Publication, 368.

TUNNEL VALLEYS OF THE NORTH-WEST OF THE EAST EUROPEAN PLAIN

Krotova-Putintseva A. Y.

Abstract. The paper presents a synthesis of the 20th–21st century borehole and geophysical data on the structure of buried valleys in the northwestern East European Plain. A model for the formation of these valleys, resulting from subglacial drainage, is proposed, and the key factors of their development are identified. The available factual data indicate that these are Neopleistocene tunnel valleys, rather than Neogene-Early Quaternary river valleys.

УДК 551.4:551.332.2

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФОРМ РЕЛЬЕФА ВЕШКЕЛЬСКОЙ АККУМУЛЯТИВНОЙ ЛЕДОРАЗДЕЛЬНОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ARCTICDEM

Н.В. Крутских

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, natkrut@gmail.com

Аннотация. В работе представлены результаты типизации положительных форм рельефа Вешкельской ледораздельной возвышенности на основе морфометрического анализа рельефа. Исследование выполнено на основе цифровой модели рельефа ArcticDEM с разрешением 2 м. На первом этапе с помощью индекса топографического положения (TPI) с радиусом окрестности 100 м произведено выделение локальных положительных форм. Для каждого объекта рассчитаны морфометрические параметры: максимальный уклон, относительная высота, площадь и коэффициент удлиненности. На основе анализа этих характеристик выполнена классификация форм с прогнозированием их генетического типа. Установлено, что в пределах возвышенности присутствуют различные генетические формы рельефа.

Ключевые слова: морфометрический анализ, рельеф, цифровые модели рельефа

Ледораздельные аккумулятивные возвышенности формируются на стыках разнонаправленных ледниковых потоков и являются узлами ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции (Демидов, 1989). Их формирование обусловлено продолжительной деградацией мертвого льда, изолированного от основного ледника выступами доледникового фундамента. Особенностью строения ледораздельных аккумулятивных возвышенностей является сложное сочетание холмов и гряд различной формы и высоты, понижения рельефа занимают множество озер и болот небольшой площади (Биске, 1959). При этом генезис аккумулятивных форм рельефа в пределах ледораздельных зон до сих пор остается дискуссионным. Они могут быть представлены как моренными отложениями, так и песчано-глинистыми осадками водно-ледникового происхождения. В строении ледораздельных возвышенностей выделяют от 2 до 5 ярусов, располагающихся на различных гипсометрических отметках. Для различных ярусов характерны определенные типы и формы рельефа (Демидов, 1989).

Появление общедоступных высокдетальных цифровых моделей рельефа (ЦМР) открывает новые возможности для геоморфологического картирования обширных территорий. Внедрение количественных методов анализа ЦМР позволяет перейти от качественных описаний к числовым критериям, что повышает объективность результатов. Использование набора морфометрических параметров создаёт основу для автоматизированного выделения форм и их системной классификации. Особое место среди современных ЦМР занимает проект ArcticDEM (Porter et al., 2023). ArcticDEM активно используется для решения широкого круга геоморфологических задач (Barr et al., 2018; Stuber, 2022). Высокое пространственное разрешение ArcticDEM (до 2 м) позволяет выявлять мелкие формы рельефа и использовать его для детальных геоморфологических исследований, включая работы по генетической типизации аккумулятивных форм ледораздельных возвышенностей Карелии.

Вешкельская аккумулятивная лёдораздельная возвышенность расположена в центральной Карелии и примыкает к западному берегу оз. Сямозеро. Абсолютные отметки варьируют от 93 (оз. Шотозеро) до 219 м. В строении возвышенности выделяется три яруса рельефа: I - абсолютные отметки более 160 м; II (140 – 160 м); III (120 – 140 м). Ярусы определены на основе продольного профиля. Проксимальная часть возвышенности более крутая, дистальная относительно пологая.

Ранее показаны эффективные результаты использования метода индекса топографической позиции (TPI) для целей картирования элементов рельефа и выделения положительных и отрицательных форм (Weiss 2001). Методика расчета TPI основана на вычислении разности между значением высоты ячейки и значением средней высоты заданной окрестности, окружающей эту ячейку. Положительные значения TPI соответствуют возвышенностям, грядам, холмам. Отрицательные TPI – низменностям, долинам, балкам, котловинам. Ячейки со значениями TPI близкими к нулю соответствуют плоским участкам или средним частям склонов. В настоящей работе тестировался расчет TPI с различными радиусами окрестности. Большие значения радиуса окрестности позволяют выделять крупные формы рельефа, без лишних «шумов». Напротив, уменьшение радиуса дает детализацию форм. Определено, что радиус окрестности 100 м является оптимальным для поставленных задач и позволяет учесть мелкие элементы рельефа и особенности их пространственной формы (рис. 1). Контуры положительных значений TPI ($> 0,5 \text{ sd}$) векторизованы, всего в пределах изучаемой территории выделено около 10 тыс. объектов.

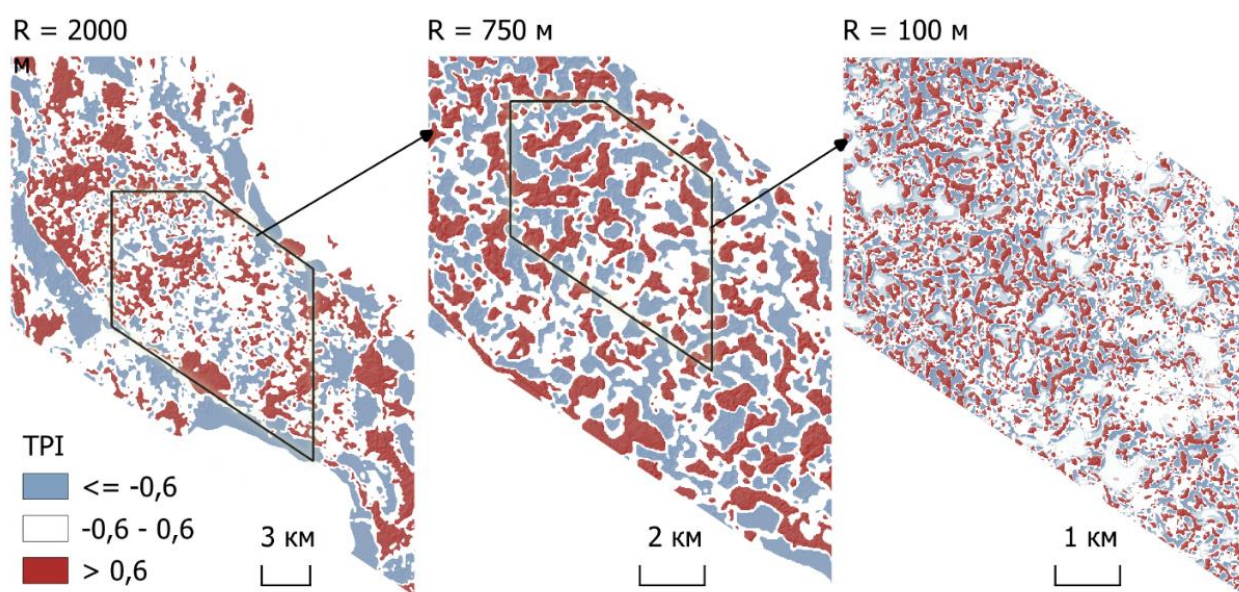


Рис. 1 Топографический индекс положений, рассчитанный с разным радиусом окрестности

Для каждого объекта определен ряд морфометрических показателей. Методом зональной статистики с ЦМР рассчитаны минимальные и максимальные значения абсолютных отметок, их разница составляет высоту объекта (Н). Также определены средние, минимальные и максимальные значения крутизны склонов. Для понимания пространственной формы рассчитан коэффициент удлиненности (K_{dl}), представляющий собой отношение длины к ширине. Также зафиксирован азимут длинной оси. Для всех объектов определена площадь (S). Далее на основе этих морфометрических показателей проводится классификация выявленных форм.

По высоте объекты подразделяются на высокие (более 30 м), средние (10 – 30 м) и низкие (менее 10 м); по крутизне склонов на крутые (более 10°), средней крутизны (5-10°) и пологие (менее 5°); по удлиненности форм – длинные ($K_{dl} > 3$), удлиненные (1,5 – 3), округлые ($< 1,5$).

Последующая типизация форм проводится на основании описания ледниковых и водно-ледниковых форм рельефа, представленного в таблице, результаты разделения положительных форм рельефа по морфометрическим показателям показаны на рисунке 2. Объекты неправильной формы, различного размера и высоты с уклоном не более 15 м отнесены к группе моренных холмов. Удлиненные формы фиксируются отдельно. Эти формы могут быть как водно-ледникового генезиса и отражать направление потока талых вод, так и ледникового генезиса и трассировать край ледника. Дальнейшее разделение целесообразно проводить вручную. Небольшие круглые формы фиксируются отдельно. Здесь стоит также учитывать крутизну склона. Объекты, не попадающие ни в одну категорию, имеют преимущественно небольшие значения уклонов (до 4°) и высоты.

Таблица. Описание форм ледникового и водно-ледникового рельефа

Формы рельефа	Площадь	Высота	Крутизна склонов	Форма
Ледниковые				
Моренные холмы	$> 100 \text{ м}^2$	10-80 м	5-15°	Беспорядочная
Конечные морены		20-80 м и более	Асимметричные: проксимальный 5-15°, дистальный до 25-30° и более	Дугообразные, линейные гряды
Водно-ледниковые				
Камы	от десятков до сотен км^2	5-30 м	10-20°	Беспорядочные, неправильной формы холмы, часто с плоскими вершинами, массивы
Озы	Ширина 20-50 м, длина – сотни м	5-30 м, встречаются до 40	Симметричные 10-20 (до 30)	Линейно-вытянутая, извилистая

Использование автоматизированной методики типизации форм рельефа на основе морфометрического анализа упрощает геоморфологическое картирование территорий, однако требует совершенствования и экспертного редактирования. Некоторые сложности возникают с определением формы объектов, коэффициент удлинения плохо описывает сложные изогнутые формы. В дальнейшем для увеличения точности методики необходимо учитывать дополнительные факторы, например, использование NDVI позволит косвенно оценить вещественный состав четвертичных отложений по спектральному отражению растительности.

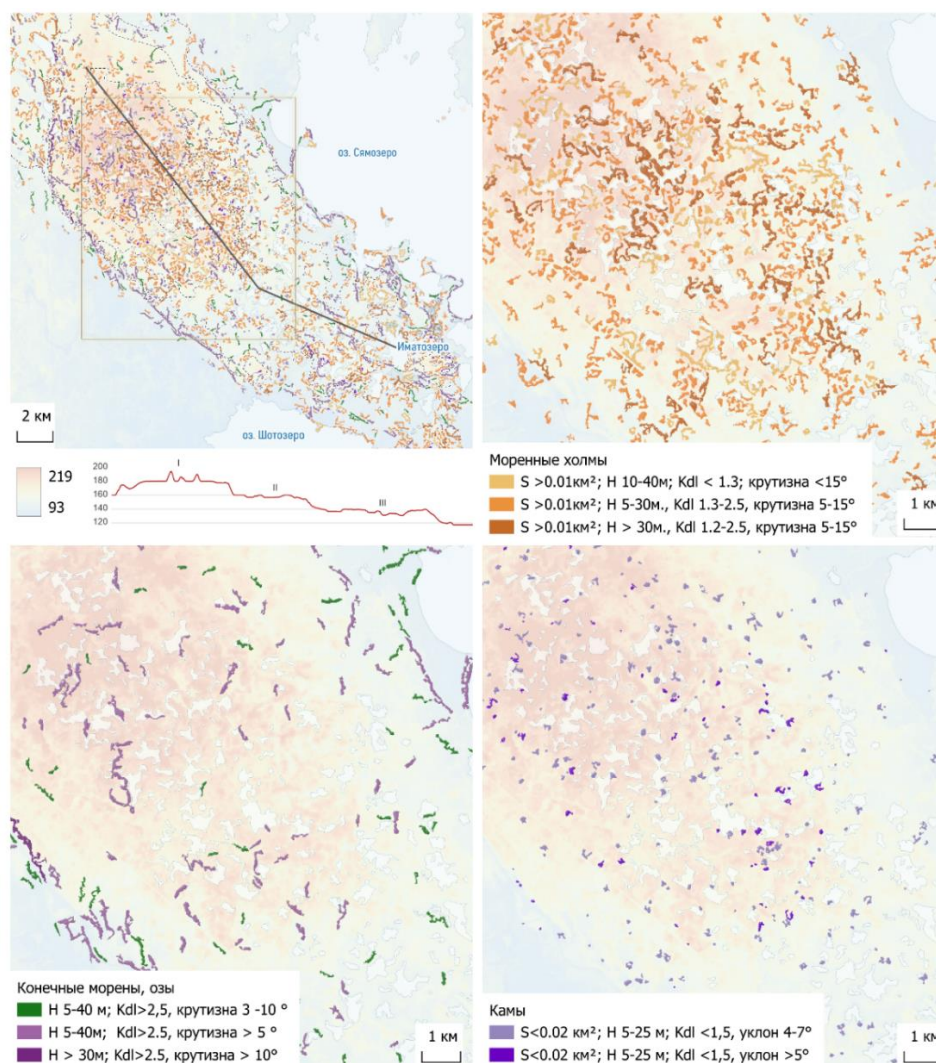


Рис. 2 Дифференциация положительных форм рельефа по морфометрическим параметрам

Благодарности. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось за счет средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2023-0008)

Конфликт интересов отсутствует

Литература

- Barr ID, Dokukin MD, Kougkoulos I, Livingstone SJ, Lovell H, Małeck J, Muraviev AY. Using ArcticDEM to Analyse the Dimensions and Dynamics of Debris-Covered Glaciers in Kamchatka, Russia. *Geosciences*. 2018; 8(6):216. <https://doi.org/10.3390/geosciences8060216>
- Porter C. et al., 2023, “ArcticDEM, Version 4.1”, <https://doi.org/10.7910/DVN/3VDC4W>
- Stuber J., 2022. Opportunities for geomorphological and glaciological research from the Arctic-wide high resolution ArcticDEM (Doctoral dissertation, Department of Geography, University of Zurich).
- Weiss A.D. 2001. Topographic Position and Landforms Analysis, Poster Presentation. ESRI User Conference. San Diego. Online: www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf
- Бискэ Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск, Госиздат КАССР, 1959. 307 с.
- Демидов И.Н. Формирование вещественного состава ледниковых и водно-ледниковых отложений Карелии. Дисс. к.г.-м.н., 1989. 238с.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF RELIEF FORMS OF THE VESHKELSKAYA ACCUMULATIVE ICE-DIVIDE UPLAND BASED ON ARCTICDEM

Krutsikh N.V.

Abstract. The paper presents the results of typification of positive landforms of the Veshkelskaya ice-divide upland based on morphometric analysis of the relief. The study was carried out using the ArcticDEM digital elevation model with a resolution of 2 m. At the first stage, local positive landforms were identified using the Topographic Position Index (TPI) with a neighborhood radius of 100 m. Morphometric parameters were calculated for each feature: maximum slope, relative height, area, and elongation ratio. Based on the analysis of these characteristics, a classification of landforms was performed with prediction of their genetic type. It was established that various genetic types of landforms are present within the upland.

УДК: 551.794:551.312.561 (470.22)

ОТРАЖЕНИЕ СОБЫТИЙ ГОЛОЦЕНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛОГО БЕЗЫМЯННОГО ОЗЕРА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАРЕЛИИ)

Н. Б. Лаврова

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, lavrova@krc.karelia.ru

Аннотация. Представлены результаты палинологического изучения датированного радиоуглеродным методом разреза донных отложений малого безымянного озера, расположенного в юго-восточной Карелии. Обосновано стратиграфическое расчленение разреза на шесть локальных палинозон, каждая из которых соответствует определенной фазе развития растительности и отражает ее реакцию на климатические изменения в голоцене. Установлено, что органогенное осадконакопление в озере началось в пребореале после таяния массива мертвого льда. В озере начал накапливаться алевритистый сапропель, последующее улучшение климатической обстановки обусловило увеличение продуктивности озера и привнос органо-гумусного материала, что способствовало образованию сапропеля.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, донные отложения, мертвый лед, растительность, юго-восточная Карелия

Эволюция ландшафтов территории Карелии в голоцене долгое время остается одной из важных научных проблем, необходимых для оценки естественных трансформаций окружающей среды в условиях прогнозируемых климатических изменений. Этому вопросу посвящено большое количество работ, при этом палеогеография юго-восточной части Карелии изучена недостаточно. Уникальность рассматриваемой территории обусловлена особенностью деградации ледника, протекавшей с образованием массивов мертвого стагнированного льда, на длительное время задержавшего формирование рельефа, гидросети и распространение растительности. К настоящему времени известно лишь несколько озер, в которых осадконакопление началось в позднеледниковье: Тамбичозеро (Wohlfarth et al., 2002), Пичозеро (Wohlfarth et al., 2004), Педозеро (Демидов, Лаврова, 2001). Основная фаза озерообразования происходила в пребореал-бореальное время.

Материалом для данной работы послужил керн донных отложений малого безымянного озера, полученный летом 2024 года. По результатам палинологического анализа образцов донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма (СПД) (рис.), в которой выделено 6 палинологических зон (ПЗ).

Наибольший интерес представляет ПЗ 1 (530-510 см; алевроит), палиноспектры которой характеризуются крайне низкой насыщенностью пылью и спорами. Пыльца плохой сохранности, с утраченными диагностическими признаками: мелкая, мягкая, «прозрачная», минерализованная, уплотненная, структура экзины не выражена. Вследствие этого большая часть встреченных пыльцевых зерен, особенно трехборздных, не определимы. В целом, палинозона характеризуется наиболее низкой по разрезу долей пыли древесных, представленных *Betula* sect. *Albae*, *Picea*, *Pinus*, *Alnus* и др. Определена пыльца *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Roaceae*, споры *Polypodiaceae*, *Sphagnum*. Зафиксированы дочетвертичные спороморфы. По составу палиноспектров и характеру кривых палинозону следовало бы отнести к пребореалу, но настораживает качество пыли и крайне низкая ее концентрация. Предлагается два варианта возможных условий формирования палиноспектров. В первом – минеральный материал с пылью и спорами мог быть принесен талыми ледниковыми водами, поступающими в водоем после таяния мертвого льда в условиях широкого распространения площадей с еще незакрепленными растительностью грунтами. Возможно также, слой алевроита и соответствующие палиноспектры образовались в подледных условиях при таянии глыбы погребенного льда, заполнявшего котловину. В пользу этого предположения свидетельствует следующее. Алевроит и вышележащий слой алевроитистого сапропеля разделяет маломощный слой с разложившимися растительными остатками, который при пробоотборе в полевых условиях

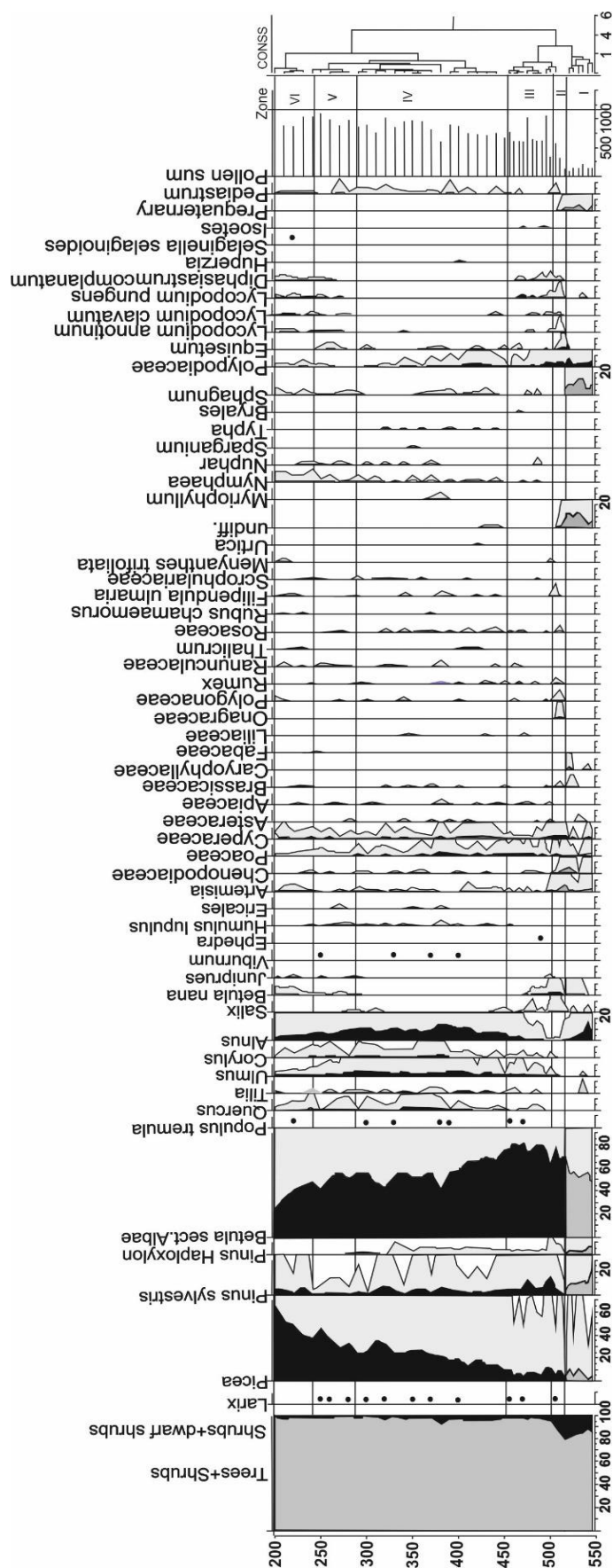


Рис. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений малого безымянного озера

был определен как «почва». По нашему мнению, он был образован остатками растений, которые произрастали на вытаявшей морене, перекрывающей мертвый лед. После таяния льда он занял положение на минеральных отложениях на дне котловины. При изучении эволюции озер в северной части Европы, территория которой была полностью покрыта льдом во время последнего оледенения, было установлено, что развитию раннеголоценовых озёр предшествовала фаза торфообразования. Прослой базального торфа залегают на дне озерных отложений, непосредственно на минеральном субстрате озерных котловин (Błaszkiwicz, 2011 и др.). Многие европейские исследователи, изучавшие донные отложения, интерпретируют базальные органические отложения с растительными остатками, сформировавшиеся над минеральными отложениями, как кратковременное торфоподобное образование на абляционной морене (Słowinski et al., 2014 и др.). Вероятно, специфические растительные агрегации развивались на вытаявшей морене, которую увлажняли массивы погребенного льда. После таяния погребённых ледяных блоков разложившиеся растительные остатки заняли самые нижние положения на дне современных озёрных котловин. Следует отметить, что такие «торфоподобные» образования (прослой растительных остатков) залегают на песчано-глинистых осадках в основании разреза донных отложений озера Кольцозеро, Аганозеро в юго-восточной Карелии (Демидов, Лаврова, 2001). Вопрос о происхождении подобных слоев остается открытым и требует дальнейшего изучения.

Отличия спектров ПЗ II (510-496 см), выделенных в сапропеле с существенным участием минеральной составляющей, выразились, главным образом, в достаточно резком и значительном увеличении вклада спор и пыльцы (особенно *Betula* sect. *Albae*) хорошей сохранности. Результаты радиоуглеродного датирования (10980 ± 420 кал. л. н, ЛУ-11818), характер спорово-пыльцевых спектров и корреляция с близкорасположенными разрезами (Wohlfarth et al., 2002; Wohlfarth et al., 2004 и др.) позволяет предположить, что формирование палиноспектров происходило во второй половине пребореала. Согласно данным, в окрестностях безымянного озера, в пребореале были распространены березовые редколесья, а затем березовые редкостойные леса (*Betula pubescens*, *Betula czerepanovii*). Продуктивность озера была достаточно высокой, что наряду с привносом в озеро органо-гумусного материала способствовало накоплению сапропеля.

Палиноспектры ПЗ III (496-451 см) были образованы в бореальное время. Доля пыльцы березы стабильно высокая, тогда как в большинстве диаграмм северо-запада России бореальные отложения характеризуются высоким содержанием пыльцы сосны, что было обусловлено ее широким распространением в условиях дефицита влажности и гляциоизостатического поднятия Фенноскандинавского кристаллического щита. По всей вероятности, в спектрах изученного разреза донных отложений нашли отражение локальные березовые палеосообщества на прибрежных увлажненных местообитаниях. В начале бореального периода растительность была несомкнутой, на что указывают находки пыльцы *Ephedra*. По направлению к верхней границе палинозоны уменьшается вклад спор плаунов, что косвенно свидетельствует о том, что облик лесов менялся от северотаежного к среднетаежному. Еще одной примечательной особенностью пыльцевого комплекса является появление небольшого количества пыльцы термофильных древесных пород (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*, *Corylus*). Вероятно, северная граница ареала этих термофильных пород была в достаточной степени приближена к территории исследования или отдельные деревья находили здесь благоприятные для них местообитания. В спектрах появляется пыльца *Nuphar*, *Nymphaea*, а также колонии водорослей *Pediastrum*. Это позволяет предположить, что к концу рассматриваемого периода мелководья озера начали зарастать.

ПЗ IV (451-284 см). Основные особенности этой палинозоны – увеличение вклада *Picea* (от 17 до 32%) и широколиственных пород (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*), а также *Corylus* и *Alnus*. Доминирует пыльца *Betula* sect. *Albae* (80-55%), доля *Pinus* не превышает 3-5%. Подобные палиноспектры присущи атлантическому периоду – времени климатического оптимума голоцена. В начале периода в растительном покрове окружающего региона по-прежнему преобладали березовые леса с нарастающим участием еловых сообществ. Постепенно ель

становилась основной лесообразующей породой. Вяз и лещина первыми из широколиственных внедрялись в лесные ценозы. Распространению вяза в голоцене способствовала высокая семенная продуктивность, летучесть и плавучесть семян. Затем к ним присоединялись липа и дуб (*Quercus robur*), который нетребователен к питательным веществам и влажности почвы, но очень светолюбив, вследствие чего его экспансии препятствовали тенистые еловые леса.

ПЗ V (284-238 см) и ПЗ VI (238-200 см) характеризуются дальнейшим повышением количества пыльцы *Picea* (32-57%) и уменьшением *Betula* sect. *Albae* (50-42%). В последней ПЗ существенно снижается роль широколиственных пород и ольхи черной и возрастает доля *Betula nana*, *Sphagnum*, *Lycopodiaceae*. Изменения палиноспектров демонстрируют продолжавшуюся экспансию хвойных пород, в основном ели. Леса становились более разреженными, о чем косвенно свидетельствует увеличение вклада спор *Lycopodiaceae* и присутствие *Juniperus*, и постепенно приобретают среднетаежный облик. Изменения климата были малопримлемы для термофильных вяза, орешника, липы, дуба, лещины. Причиной сокращения участия этих древесных пород в лесах послужило также выщелачивание и оподзоливание почв в голоцене. В настоящее время в естественных условиях вяз и липа встречаются преимущественно в полосе побережья Онежского озера, липа также в долине рек Водла и Колода. Присутствие в спектрах пыльцы *Menyanthes trifoliata*, *Rubus chamaemorus*, увеличение участия пыльцы *Pinus* и спор *Sphagnum* указывает на заболачивание территории и на распространение сфагновых сосняков.

В полученных данных отражена история развития озера и окружающей растительности начиная с пребореала, подтверждая тем самым тезис о запаздывании и асинхронном начале озерообразования и развития растительности в юго-восточной Карелии. На изучаемой территории крупнейшие перестройки природной среды произошли не только при дегляциации территории в позднеледниковье, но и в раннем голоцене, что было обусловлено окончательным таянием мертвого льда. Таким образом, реликты ледникового покрова являлись важнейшим фактором, контролирующим изменение ландшафтов в раннем голоцене.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы НИР Института геологии КарНЦ РАН № FMEN-2023-0008

Автор благодарит коллег П.А. Рязанцева и Г.Н. Родионова (ИГ КарНЦ РАН) за предоставление образцов для спорово-пыльцевого анализа.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература

- Демидов И. Н., Лаврова Н. Б. 2001. Строение четвертичного покрова бассейна р. Водла (Восточная Карелия) и особенности развития растительности в поздне- и послеледниковье // Национальный парк Водлозерский: природное разнообразие и культурное наследие, КарНЦ РАН, Петрозаводск. С. 49–60.
- Błaszkiwicz, M., 2011. Timing of the final disappearance of permafrost in the central European Lowland, as reconstructed from the evolution of lakes in N Poland. *Geological Quarterly* 55, 361-374.
- Slowinski, M., Błaszkiwicz, M., Brauer, A., Noryskiwicz, B., Ott, F., Tyszkowski, S. 2015. The role of melting dead ice on landscape transformation in the early Holocene in Tuchola Pinewoods, North Poland. - *Quaternary International*, 388, 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.018>
- Wohlfarth B., Filimonova L., Bennike O., Björkman L., Lavrova N., Demidov I., Possnert G. 2002. Late-Glacial and Early Holocene Environmental and Climatic Change at Lake Tambichozero, Southeastern Russian Karelia. *Quaternary Research*. No. 58. P. 261–272. <https://doi.org/10.1006/qres.2002.2386>

Wohlfarth B., Schwark L., Bennike O., Filimonova L., Tarasov P., Björkman L., Brunnberg L., Demidov I., Possnert G. 2004. Unstable early-Holocene climatic and environmental conditions in northwestern Russia derived from a multidisciplinary study of a lake-sediment sequence from Pichozero, southeastern Russian Karelia. The Holocene. Vol. 14, no. 5. P. 732–746. <https://doi.org/10.1191/0959683604hl751rp>

REFLECTION OF HOLOCENE EVENTS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE SMALL NAMELESS LAKE (SOUTHEAST KARELIA)

Lavrova N.B.

Abstract. The results of a radiocarbon-dated palynological study of a bottom sediment section of a small unnamed lake located in southeastern Karelia are presented. A stratigraphic subdivision of the section into six local palynozones is substantiated, each corresponding to a specific phase of vegetation development and reflecting its response to climatic changes during the Holocene. It is established that sedimentation in the lake began in the Preboreal after the melting of the dead ice mass. Silt began to accumulate in the lake, and the subsequent improvement in climate conditions led to increased lake productivity and the introduction of organo-humic material, which facilitated the formation of sapropel.

УДК: 631.48

КРУПНОПЫЛЕВАТЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (ЛЕССОИДЫ) ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Леонтьев^{1,2}, А.В. Русаков¹, А.О. Макеев³, Н.В. Мокиевский⁴

¹СПбГУ, г. Санкт-Петербург, spp-06@mail.ru

²ЦМП им. В.В. Докучаева — филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева", field@festuka.ru

³МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, makeevao@gmail.com

⁴ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева", n.mokievskiy@bk.ru

Аннотация. В ходе крупномасштабного почвенного картографирования (2022–2025 гг.) на территории Ленинградской области (Волосовский, Лужский, Бокситогорский районы) в пределах гляциальной зоны последнего оледенения выявлены спорадические ареалы почв, сформированных на крупнопылеватых отложениях (лессоидах). На примере опорного разреза в Бокситогорском районе показано, что верхняя 50-см толща представлена пылеватыми супесями с содержанием фракции крупной пыли 43–50%, подстилаемой озерными суглинками с палеокриогенными клиновидными деформациями. OSL-датирование (15.4–16.9 тыс. л.н.) свидетельствует о формировании лессоидов на конечных стадиях деградации ошашковского ледника (Лужская стадия) в субэзральных условиях локальных перигляциальных зон. Полученные данные уточняют представления о литогенезе покровных отложений региона и имеют значение для диагностики почв и реконструкции палеогеографических обстановок позднеледниковья.

Ключевые слова: лессоиды, гляциальная зона, позднеледниковье.

Ленинградская область является поистине уникальным объектом с точки зрения геологии и почвоведения. На территории данного субъекта представлен разнообразный спектр отложений, в особенности четвертичного возраста. Исследуемая территория располагается в области последнего оледенения (МИС2, валдайское), что диктует характер четвертичного седиментогенеза и определяет преобладающие группы осадочных пород, на которых

формируются голоценовые почвы. Среди почвообразующих пород преобладают породы, типичные для гляциальной зоны: морены, флювиогляциальные и озёрно-ледниковые отложения, а также аллювиальные и органогенные (торфяные) отложения. Они отличаются пестротой пространственного залегания и большим разнообразием гранулометрического состава. Характерны также двучленные отложения, преимущественно прямые (перекрытие более тяжёлых по гранулометрическому составу отложений облегчёнными фациями). Впрочем, помимо характерных для гляциальной зоны отложений, при проведении в течение 2022–2025 г.г. работ по крупномасштабному картографированию (в масштабе 1:10000) почвенного покрова залежных угодий в пределах бывших землепользований Волосовского, Лужского и Бокситогорского районов Ленинградской области, нами были выявлены спорадические ареалы, где верхний член полигенетичной почвообразующей породы сложен необычными для данной территории отложениями, по ряду морфологических свойств и по характеру залегания классифицированный нами как лёссоиды (Русаков и др., 2025).

Текстурно-дифференцированные почвы, литологическая матрица которых в пределах верхних 100 см представлена безвалунными, крупнопылеватыми (содержание фракции крупной пыли 0.01–0.05 мм более 30%), были впервые описаны нами в 2022 году на ключевом участке в Волосовском районе на территории залежных угодий землепользования бывшего совхоза «Волна». Эти отложения, основываясь на недавней публикации В.И. Астахова (2024), мы отнесли к группе лёссоидов, к которой принадлежит прежде всего собственно лёсс, то есть золотая пыль, преобразованная степным педогенезом/диагенезом, и алевриты преимущественно золотого происхождения. Дальнейшие работы (2023–2025 гг.) показали, что на территориях Лужского и Бокситогорского районов Ленинградской области спорадически-пятнистые ареалы почв, где в пределах верхних 100 см присутствует слой алевритистых безвалунных отложений, в котором сформированы гумусовые и элювиальные горизонты, либо, при большой мощности, полный профиль текстурно-дифференцированных почв и агрозёмов. Ранее данные отложения ошибочно классифицировались как озёрно-ледниковые супесчаные и легкосуглинистые отложения, либо как одна из фаций моренных отложений.

В настоящей работе представлена попытка охарактеризовать специфику лёссоидов, сформированных в гляциальной зоне на примере ключевого участка в пределах землепользования бывшего совхоза «Красный пахарь» Бокситогорского района Ленинградской области, вблизи поселка Дыми. Участок, в пределах которого нами был заложен опорный разрез, расположен в привершинной части вытянутого крутосклонного холма, находящегося на выположенной террасе реки Дымка.

Обнаруженная почва была классифицирована как агрозём светлый постагрогенный супесчаный на лёссоидах, подстилаемых озёрными суглинистыми отложениями. В профиле выявлена резкая литологическая неоднородность, состоящая из двух принципиально различных групп отложений: верхняя толща мощностью 50 см представлена сильно пылеватыми супесями и тонкозернистыми песками, содержание лёссовидной фракции (крупная пыль, 0.01–0.05 мм) составило 43–50%, в то время как на глубине 50–160 см наблюдается чередование слоёв пылеватого (41–76% лёссовидной фракции) глинистого и средне- и легкосуглинистого материала. Важной особенностью данного разреза является наличие палеокриогенных клиновидных деформаций, выполненных материалом супесчаной толщи, рассекающих суглинистые отложения в нижней части профиля. Данное явление позволяет судить об асинхронности формирования и различной природе седиментации супесчаной и подстилающей её толщи.

Из супесчаной толщи нами были отобраны образцы для датирования методом OSL. Полученные даты (15.4 ± 1.3 Куа в центре криогенного клина и 16.9 ± 1.2 Куа в краевой его части, нижнем подгоризонте супесчаной толщи (глубина 40–50 см)) указывают на факт формирования этих отложений к конечным стадиям Осташковского оледенения, а именно на период его деградации в Лужскую стадию (Карпухина, 2015). Данный факт выступает в поддержку гипотезы о формировании облечённой обогащённой алевритом толщи субаэралью в условиях локальных микроперигляциальных зон, образовавшихся при быстром отступлении

ледника. В данном случае можно предположить, что перевеваемая ветрами пыль с ледника сначала накапливалась в приледниковом водоёме, образуя более сортированные глинистые и суглинистые осадки, а при дальнейшем отступлении — перекрывала данную толщу, а осадконакопление происходило субаэралью. Это также объясняет плащеобразное залегание данной группы облегченной толщи супесчаных и легкосуглинистых алевритов, слагающих элювиальные и гумусовые горизонты текстурно-дифференцированных почв в спорадических ареалах, обнаруженных нами в разных районах Ленинградской области.

Таким образом, наши исследования показали, что крупнопылеватые отложения (лессоиды), имеющие спорадически-пятнистое распространение в пределах Ленинградской области и плащеобразное залегание, были отложены в Осташковское оледенение во время деградации ледника, и могли быть отложены субаэралью.

Минералогический состав, физические и другие свойства этих отложений нуждаются в дальнейшем исследовании для более точного определения условий седиментации, а также для оценки влияния наличия слоёв лессоидов в литогенной матрице на образование и свойства дневных почв.

Благодарности. Работа проведена при финансовой поддержке РНФ (грант 23-17-00073).

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература

- Астахов В.И. Лёссоиды и другие индикаторы северного перигляциала // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 2. С. 5—33. <https://doi.org/10.31857/S2949178924020018>
- Русаков А.В., Леонтьев А.А., Макеев А.О., Мокиевский Н.В. Финальный этап лёссонакопления в гляциальной области последнего оледенения (северо-запад Русской равнины) // Вестник геонаук. 2025. 12 (372). С. 23—30. <https://doi.org/10.19110/geov.2025.12.3>
- Карпухина Н. В. Особенности деградации осташковского ледникового покрова в пределах Чудско-Псковской низменности // Геоморфология и палеогеография. – 2015. – №. 4. – С. 38-47.

COARSE-SILTY DEPOSITS (LOESSOIDS) OF THE LATE GLACIAL PERIOD IN THE LENINGRAD REGION

Leontev A.A., Rusakov A.V., Makeev A.O., Mokievsky N.V.

Abstract. During large-scale soil mapping (2022–2025) in the Leningrad region (Volosovo, Luga, and Boksitogorsk districts) within the glacial zone of the last glaciation, sporadic areas of soils developed on coarse-silty deposits (loessoids) were identified. Using a key section in the Boksitogorsk district as an example, it is shown that the upper 50-cm thick layer consists of silty sandy loams with a coarse silt fraction content of 43–50%, underlain by lacustrine loams with paleocryogenic wedge deformations. OSL dating (15.4–16.9 ka) indicates that the loessoids formed during the final stages of the Ostashkov (Valdai) glacier degradation (Luga stage) under subaerial conditions in local periglacial zones. These findings refine the understanding of sedimentogenesis of cover deposits in the region and are important for soil diagnostics and paleogeographic reconstructions of the Late Glacial period.

РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В МИС 2 ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПРИБАЛТИКИ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА САМБИЙСКИЙ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т.И. Марченко-Вагапова^{1,2}, Ю.В. Голубева¹, О.А. Дружинина²

¹Институт Геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

²РГПУ им. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

timarchenko@geo.komisc.ru, yvgolubeva@geo.komisc.ru, olga.alex.druzhinina@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты исследования озерных отложений разреза Самбийский (Калининградская область) палинологическим методом. Данные спорово-пыльцевого анализа указывают на поэтапные изменения растительности в условиях позднеледниковья (МИС 2).

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, позднеледниковье, разрез Самбийский.

Важнейшими источниками информации об эволюции растительного покрова в конце плейстоцена – начале голоцена являются результаты спорово-пыльцевого анализа. Реконструкцией динамики позднеледниковой (МИС 2) растительности на территории Прибалтики палинологи занимаются достаточно давно, этим исследованиям посвящено большое количество работ. В позднеледниковье растительный покров претерпевал многократные изменения. Согласно литературным данным, сообщества открытой тундры раннего дриаса сменялись редколесьями или «парковыми» лесами беллинга. Последние вновь уступали место тундровым и лесотундровым ассоциациям во время среднеледникового похолодания. Потепление климата на протяжении аллередского интерстадиала приводило к распространению ценозов северной и средней тайги, а последнее похолодание позднеледниковья в позднем дриасе – к регенерации тундровых формаций (Борисова, 2008; Дружинина и др., 2023; Новенко, 2016; Филимонова, 2014 и многих др.).

Разрез Самбийский (54°50' с.ш., 20°30' в.д.) расположен в западной части Калининградской области в пределах Самбийского полуострова (рис. 1). Полученные для разреза датировки показывают, что изученная часть осадочной толщи формировалась с конца пленигляциала до второй половины аллереда (Druzhinina et al., in prep.). Изучение спор и пыльцы проводили на цифровых биологических микроскопах «UDFU 300» при увеличении 500 и «Motic BA 300» при увеличении 400. Регистрировались также ацетоллизированные споры-маркеры. Подсчет велся до 400 пыльцевых древесных форм. При идентификации пыльцы, спор, использованы определители: Бобров и др., 1983; Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Моносзон, 1973; Савельева и др., 2013 и др.

Спорово-пыльцевая диаграмма нижней части отложений построена с помощью программы «TILIA». При расчете результатов спорово-пыльцевого анализа за 100% принималась сумма пыльцы древесных пород (AP) и травянистых растений (NAP), исходя из которой определялись процентные содержания пыльцы и спор, в том числе переотложенных палиноморф.

На основании проведенного палинологического анализа выделены следующие этапы изменения растительности.

Спорово-пыльцевой комплекс в инт. глубин 8.88 – 9.65 м характеризуется преобладанием пыльцы древесных растений (65-90%). Среди встреченных форм доминируют хвойные: сосна *Pinus sylvestris* (до 48%) и ель *Picea* sp. (до 24%), отмечены пихта *Abies* sp, лиственница *Larix* sp. Среди мелколиственных преобладает *Betula* sect.

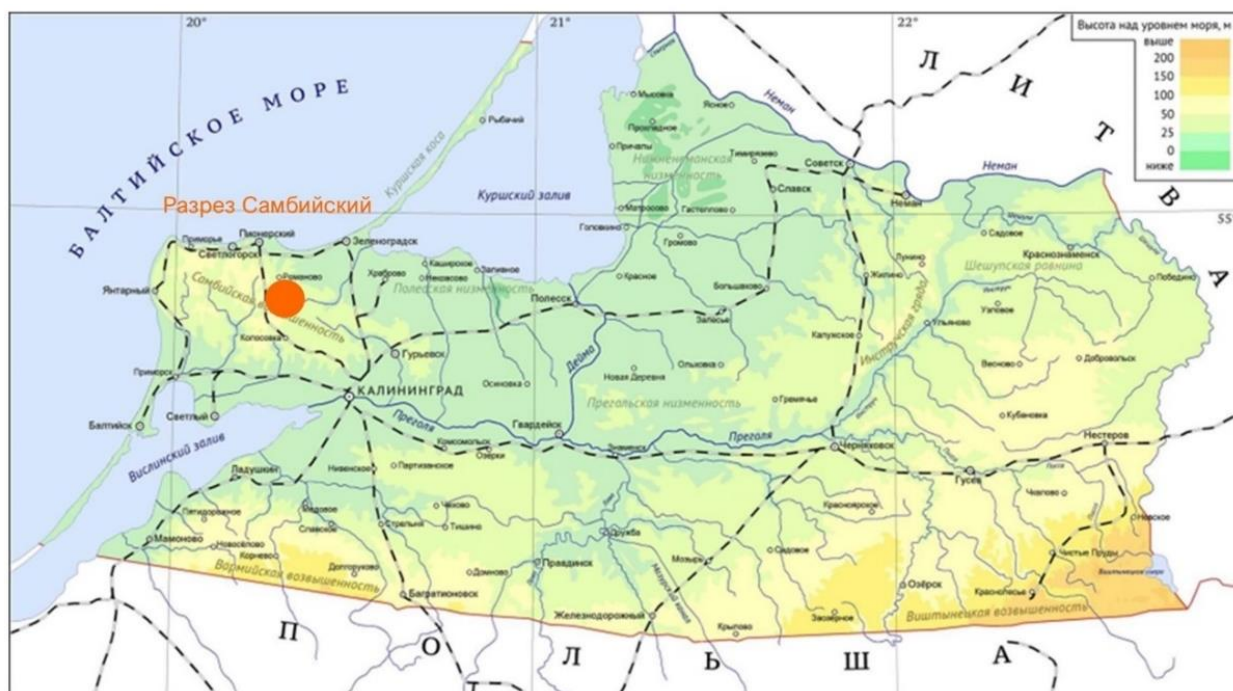


Рисунок 1. Географическое положение объекта исследования разреза Самбийский (Калининградская область).

Albae (от 1 до 24%), участие *Betula* sect. *Fruticosae* составляет почти 16%, численность пыльцы *Betula nana* – от 2 до 14%. Отмечены ольха *Alnus* sp. (до 16%), ива *Salix* sp. и ольховник *Alnaster* sp. Встречена в небольших количествах хорошо сохранившаяся пыльца широколиственных пород: орешника *Corylus* sp. (3.2%), вяза *Ulmus* sp. (до 3.2%), липы *Tilia* sp. (до 1%), граба *Carpinus* sp. (0.2%) и дуба *Quercus* sp. (0.2%). В группе травянистых растений преобладает пыльца *Cyperaceae* (до 16%), велика доля *Poaceae* (до 12%), отмечена пыльца водных трав *Alismataceae*, *Typha* sp. Среди немногочисленных споровых растений доминируют *Bryales* – до 18%, *Sphagnum* sp. (до 7%). Участие папоротников из сем. *Polypodiaceae*, *Equisetum* sp., *Selaginella selaginoides*, *Botrychium* sp., виды плаунов *Lycopodium* sp. незначительно. Комплекс содержит переотложенные формы (5-20%). Он отражает распространение лесной растительности из ели и сосны с примесью пихты, лиственницы. В подлеске произрастали березовые, ольховые, ивовые деревья, а также широколиственные породы. Открытые участки были заняты лугами из осоки и мезофильного разнотравья. Накопление осадков происходило в условиях мелководного пресноводного заболачивающегося водоема. Предварительные расчеты концентрации пыльцы показали наименьшие значения, что свидетельствует о редкостойном или островном расположении лесных участков.

Палинологические спектры в интервале глубин 7.9 – 8.55 м указывают на увеличение облесенности территории. Доля пыльцы древесных растений возрастает (70-95%). Среди древесных форм доминируют береза sect. *Albae* и сосна *Pinus sylvestris*, в образцах их количество достигает 51 и 43% соответственно. Пыльца *Betula* sect. *Fruticosae* составляет почти 17%, численность пыльцы *Betula nana* невелика. Доля пыльцы ели *Picea* sp., ольхи *Alnus* sp. уменьшается, участие ивы *Salix* sp. не значительно. Пихта *Abies* sp. не встречается. В меньшем количестве отмечена пыльца широколиственных пород: орешника *Corylus* sp. (2.9%), вяза *Ulmus* sp. (2.1%), дуба *Quercus* sp. (0.4%) и липы *Tilia* sp. (0.2%). В группе трав по-прежнему преобладает пыльца *Cyperaceae* (почти 15%), *Poaceae* (до 11%). Обнаружено зерно *Ephedra* sp. хорошей сохранности. Увеличилось разнообразие водных трав: *Alismataceae*, *Potamogeton* sp., *Nupharaceae*, *Typha* sp. Среди споровых растений по-прежнему преобладают *Bryales* – до 15%. В небольшом количестве отмечены *Sphagnum* sp., папоротники из сем.

Polypodiaceae, *Equisetum* sp., *Lycopodium clavatum*, *L. annotinum*. Обнаружены не только таежные виды спор, но и арктоальпийские – *L. pungens* и *Selaginella selaginoides*. В целом комплекс отражает достаточно мягкие климатические условия. В то время развивались сосново-березовые лесные группировки с единичным участием ели, незначительной примесью ивы, ольхи. Уменьшилось разнообразие составляющей широколиственных, определена пыльца орешника и вяза. В напочвенном покрове наряду с обычными мезофильными луговыми сообществами, чаще встречались представители ксерофитных форм (полыней, маревых, *Ephedra* sp., типичных для позднеледниковой флоры). Седиментация продолжалась при зарастании мелководий кустарниковой березой и ивой и водно-болотными видами. Из спектров исчезает дочетвертичная и переотложенная пыльца и споры. Существенное возрастание концентрации пыльцы указывает на то, что лесная островная растительность приобрела более сомкнутый характер.

Следующий этап развития растительности (в инт. глубин 7.0 – 7.9 м) характеризуется уменьшением доли древесных растений (54-84%). Количество пыльцевых зерен травянистых растений увеличивается до 16 – 46%. В целом состав группы древесных растений аналогичен предыдущему этапу. Как и ранее, доминируют *Betula* sect. *Albae* и сосна *Pinus sylvestris*. Вновь единично отмечена пихта *Abies* sp. Встречена пыльца широколиственных пород: орешника *Corylus* sp. (6.1%), дуба *Quercus* sp. (3.6%), вяза *Ulmus* sp. (1.6%), липы *Tilia* sp. (0.8%), граба *Carpinus* sp. (0.2%) и бука *Fagus* sp. (0.2%). Среди встреченных травянистых форм по-прежнему преобладает пыльца Cyperaceae (более 19%) и Poaceae до 14%. Значительно возрастает доля пыльцы Chenopodiaceae (13%), *Artemisia* sp. (9%). Немногочисленные споры представлены *Sphagnum* sp., папоротниками из сем. Polypodiaceae, *Equisetum* sp., *Lycopodium clavatum*, *L.*, в единичном количестве идентифицирован холодо- и влаголюбивый плаун *Selaginella selaginoides*. Спорово-пыльцевой комплекс, соотнесенный с этим этапом, свидетельствует о распространении лесной растительности, сформированной сосной и древовидной березой при постоянном участии ели и пихты, широколиственных пород. Открытые участки были заняты лугами из осоки и мезофильного разнотравья. Комплекс характеризует некоторое ухудшение климатических условий. Осадконакопление происходило в условиях пресноводного заболачивающегося водоема.

Таким образом, полученные спорово-пыльцевые комплексы характеризуют сложную структуру растительного покрова, в котором сочетаются степные, тундровые, лесные и болотные фитоценозы, и отражают неоднократные изменения природных условий в периоды позднеледниковья. Наличие в полученных комплексах позднеледниковья пыльцы широколиственных пород является характерной чертой палинологических спектров региона (Дружинина, 2025). До недавнего времени присутствие пыльцы широколиственных, или неморальных, пород в позднеледниковых осадках объяснялось загрязнением более древним материалом, однако детальное рассмотрение этого феномена показало, что загрязнением очень тяжело объяснить наблюдаемые закономерности и, часто, близкое процентное соотношение древесных пород в различных палеоархивах Прибалтики (Druzhinina et al., 2025). Вероятнее всего, широколиственные породы являлись примесью в составе таежных хвойных или мелколиственных лесов, что имеет место в настоящее время в зоне тайги Восточно-Европейской равнины и Фенноскандии (Кучеров, Зверев, 2022). Так, например, в Ленинградской области в четырех различных типах ельников (коротконожковые, ландышевые, кисличные, неморальнотравные) лещина присутствует в составе всех из них, как единично, так и образуя густой ярус с проективным покрытием 40–50 %, а другие неморальные породы – клен, дуб, липа – произрастают в трех из четырех типов еловых лесов (Волкова, Исаченко, 2018). Палинологические данные разреза Самбийский также показывают, что присутствие пыльцы неморальных пород хорошо коррелирует с содержанием пыльцы ели. Подобный состав лесных сообществ не противоречит и климатической ситуации позднеледниковья Прибалтики с летними температурами воздуха +14 +16 °С, характерными

для зоны тайги (Druzhinina et al., 2025). Безусловно, если обнаруженная пыльца широколиственных пород корродирована, есть основания отнести ее к переотложенной (Шелехова и др., 2021), однако пыльца широколиственных пород, рассматриваемая при интерпретации пыльцевого спектра разреза Самбийский имеет хорошую сохранность и стандартные размеры. Дальнейшие исследования позволят детализировать структуру растительного покрова позднеледниковья данной части Прибалтики.

Исследования выполнены за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-17-00113-П «Критические рубежи и палеоклиматические события позднего плейстоцена и голоцена, и их роль в формировании природно-культурных ландшафтов юго-восточной Прибалтики».

Литература

- Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. 1983. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука. 208 с.
- Борисова О.К. 2008. Ландшафтно-климатические изменения в умеренных широтах Северного и Южного полушарий за последние 130000 лет. М.: ГЕОС. 264 с.
- Волкова Е.А., Исаченко Г.А. Еловые леса Ижорской возвышенности (Ленинградская область): типология и современное состояние. Растительность России. СПб., 2018. № 33. С. 41–52.
- Дружинина О.А. 2025. «Теплолюбивые» древесные породы в позднеледниковой растительности Прибалтики: к проблеме «загрязнения» озерных осадков древней (переотложенной) пылью // Фундаментальные проблемы геологии квартала Севера и Северо-Запада России в 21 веке: тезисы научной конференции «Перибалтик -2025». СПб.: ЛЕМА. С. 77-83.
- Дружинина О.А., Филиппова К.Г., Лазукова Л.И., Гольева А.А., Рудинская А.И., Бурко А.А., Сходнов И.Н. 2023. Древесная растительность в пионерных позднеледниковых ландшафтах прибалтики: результаты антракологического и фитолитного анализов // Общество. Среда. Развитие. №4. С. 282-285.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1972. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука. Т. 1. 171 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1978. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Lamiaceae – Zygophyllaceae. Л.: Наука. 183 с.
- Кучеров И. Б., Зверев А. А. 2022. Ценолитические позиции неморальных и бореонеморальных видов растений в сообществах таежной зоны, Turczaninowia 25, 3: 129–152
- Моносзон М.Х. 1973. Определитель пыльцы видов семейства маревых (пособие по спорово-пыльцевому анализу). М.: Наука. 96 с.
- Новенко Е.Ю. 2016. Изменение растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС. 228 с.
- Савельева Л.А., Рашке Е.А., Титова Д.В. 2013. Атлас фотографий растений и пыльцы дельты реки Лены. СПб.: СПбГУ. 114 с.
- Филимонова Л.В. 2014. История растительности в позднеледниковье и голоцене на территории заказника «Толвоярви» (Карелия). Труды Карельского научного центра. №2 С. 3-13
- Шелехова Т.С., Тихонова Ю.С., Лазарева О.В. 2021. Динамика природной среды и развития озера Окуньозеро в Южной Карелии в позднеледниковье и голоцене (по микропалеонтологическим данным) // Труды Карельского научного центра РАН. № 4. С. 134–152.

Druzhinina, O., Rudinskaya, A., Lazukova, L., Skhodnov, I., Burko, A., van den Berghe, K. "Thermophilous" Trees in the Lateglacial Vegetation of the Eastern Baltic: New Questions for an Old Issue. *Forests* 2025, 16, 1336.

VEGETATION CHANGES IN MIS 2 OF THE SOUTH-EASTERN BALTICS ACCORDING TO THE STUDY OF SAMBIAN SECTION (KALININGRAD REGION RF)

Marchenko-Vagapova T.I., Golubeva Yu.V., Druzhinina O.A.

Abstract. This article presents the results of a palynological study of lake sediments in the Sambiysky section (Kaliningrad Region). Spore and pollen analysis data indicate gradual changes in vegetation during the Late Glacial (MIS 2), reflecting warmer and colder intervals.

УДК 551.248+550.34.09+550.343.4

ГИРВАССКИЕ СЕЙСМИТЫ

А.В. Полещук¹, Д.С. Зыков^{1,2}, Ф.С. Котов³

¹*Геологический институт РАН, Москва, Россия*

²*Институт геоэкологии имени Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия,*

³*ООО РГ Консалтинг, Москва, Россия*

anton302@mail.ru; zikov58@yandex.ru

Аннотация В северо-западной части Онежской структуры в толще песков изучен парагенез деформационных структур пластичных осадков, относимых ранее к складкам оползания. Рассмотрены возможные гипотезы их формирования и предложен сейсмогенный механизм их формирования.

Ключевые слова: Балтийский щит, сейсмиды, неустойчивость Рихтмайера-Мешкова, неустойчивость Рэлея-Тейлора

Многочисленными исследованиями установлено, что современные землетрясения сопровождаются формированием широкого спектра деформационных структур пластичных осадков, т.н. сейсмидов (Seilacher, 1969). Известно также, что сходные образования могут формироваться и вне прямой связи с землетрясениями, например, вследствие мерзлотных или штормовых процессов. Следовательно, разработка критериев отличия таких сейсмогенных структур – актуальная задача исследований.

В юго-восточном борту Койкарского выступа Онежской палеопротерозойской структуры Балтийского щита известны проявления постледниковых сейсмодислокаций, в скальных породах (Никонов и др., 2017). Палеопротерозойские образования перекрыты толщей рыхлых песков – отложениями перигляциальной дельты, сформировавшимися в конце позднего плейстоцена (Shelekhova, et al., 2018). Разрез этой песчаной толщи мощностью ~30 м вскрыт в северо-западном борту канала Пионерный Кондопожской ГЭС на северной окраине п. Гирвас, в 1,3 км севернее шлюза (Poleshchuk, et al., 2025).

Деформационные структуры располагаются в пределах горизонта мощностью ~1,5 м и характеризуются чередованием крупных, длиной до первых метров корыто- и чашеобразных синформ. Всего расчисткой вскрыто 6 синформ и 5 разделяющих их выступов. Ширина выступов варьирует от 0,5 до 1,5 м, а высота – до 1,5 м. Ширина синформ достигает 3,0–3,5 м при высоте до 1,2 м (рис. 1).

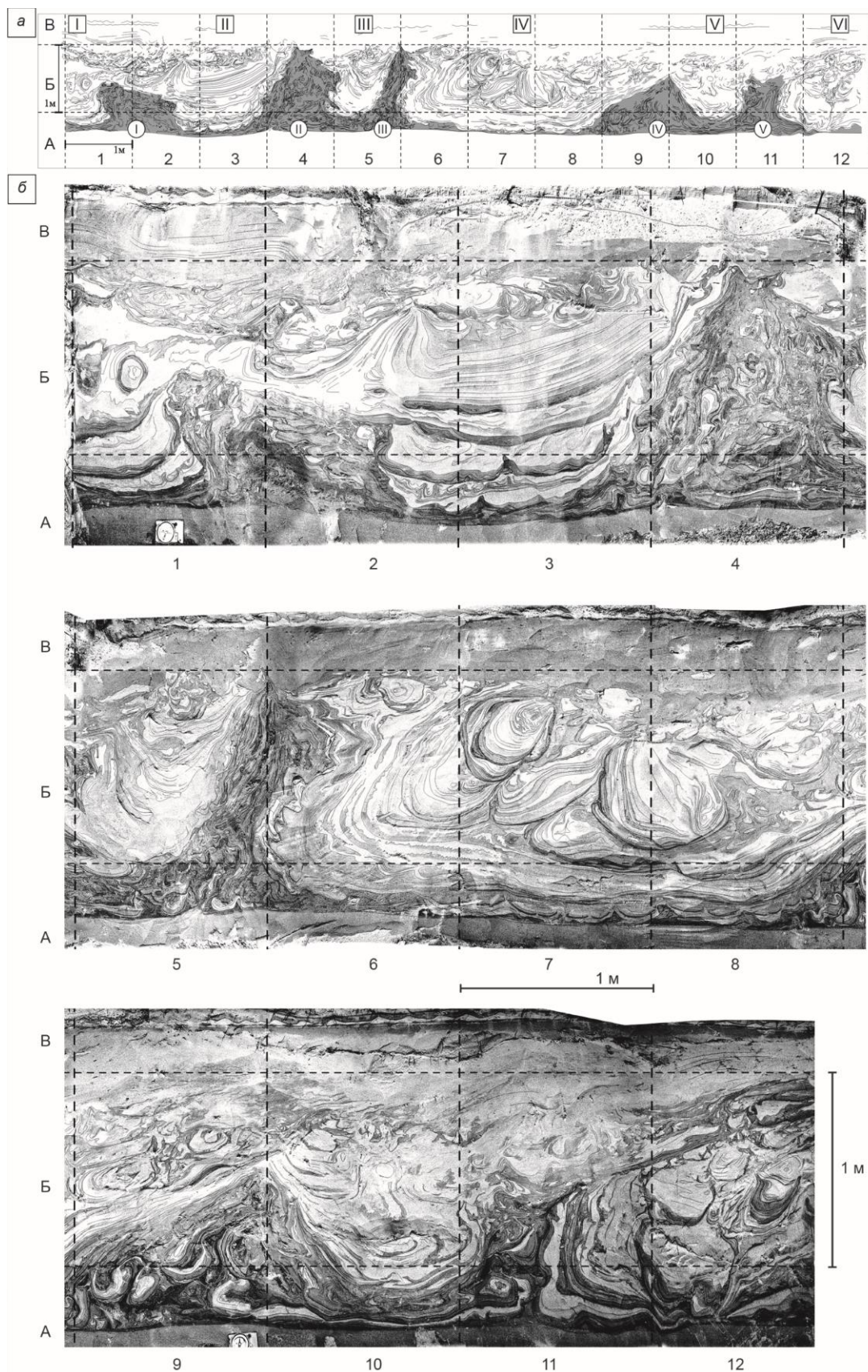


Рис. 1. Разрез с деформационными структурами, вскрытый расчисткой: а – общий вид разреза, длиной 12 м, для удобства описания разделенный на три горизонтальные (А-В) и 12 вертикальных частей. Вверху римскими цифрами в прямоугольниках (I–VI) показаны номера синформ; внизу римскими цифрами в кружках (I–V) показаны номера выступов (темная заливка). б – увеличенный вид этого же разреза, разделенный на части: 1–4; 5–8; 9–12

Структуры образуют единый парагенез и сформировались в результате разжижения и перераспределения неконсолидированных осадков. Рассмотрим возможные атектонические и сейсмогенные тектонические механизмы их формирования.

К атектоническим механизмам формирования относятся: 1) штормовое воздействие; 2) воздействие льда в перигляциальных условиях.

1. Шторма порождают микросейсмы, которые сопровождаются сложением волн различных направлений в мелководных морских обстановках и могут вызвать разжижение осадков (Johnson, 1977). В нашем случае механизм штормового воздействия не применим по причине многостадийности формирования парагенеза структур, а также отсутствия линз и прослоев грубозернистого материала и эрозионных карманов.

2. Структуры промерзания отличаются от сейсмогенных структур характером их вертикального и горизонтального распределения (Belzyt et al., 2021). Если структуры ограничены одним или несколькими горизонтами с ярко выраженными нижними и верхними границами, то эти структуры чаще всего являются сейсмическими. Также, если структуры пересекают стратиграфические границы с недеформированными или по-разному деформированными слоями, они являются гляциогенными, т.к. процессы промерзания затрагивают отложения до определенной глубины без четкого стратиграфического контроля, не ограничиваясь конкретными слоями. В нашем случае все структуры расположены в пределах определенного горизонта с отчетливо выраженной кровлей и подошвой, что свидетельствует в пользу сейсмогенного механизма.

Гляциогенные структуры имеют тенденцию развиваться через одинаковые горизонтальные расстояния, образуя в разрезе регулярную повторяемость. Такая закономерность объясняется наличием полигональной системы морозных трещин, которые действуют как ослабленные зоны, через которые осадки движутся вверх, образуя структуры, напоминающие выступы (Vandenberghe, 2013). Рост таких выступов сопровождается одновременным опусканием смежных синформ, а поскольку выступы следуют через регулярные интервалы, то и синформы, разделяющие их, также будут расположены на одинаковых расстояниях. В нашем случае характерно нерегулярное горизонтальное распределение синформ и выступов, свидетельствующее в пользу сейсмогенного механизма.

Если вся внутренняя слоистость подушкообразных структур точно следует их внешней границе, происхождение может быть как гляциогенным, так и сейсмическим, однако, если в них устанавливаются эрозионные срезания или иные признаки многофазной деформации, или если подушковидные обособления залегают на разной глубине в деформированном горизонте, то происхождение их чаще всего сейсмогенное. Если «подушки» сосредоточены на одном уровне, происхождение их гляциогенное. В нашем случае многоуровневый характер распределения «подушек» в горизонте, а также наличие эрозионных срезаний как в синформах, так и внутри подушковидных обособлений однозначно указывает на сейсмогенный механизм.

Формирование деформационных структур в соответствии с сейсмогенным механизмом должно было происходить в приповерхностном слое осадков. Стратифицированные водонасыщенные тяжелые пески накапливались поверх более легких алевритовых осадков, что порождало неустойчивый характер границы двух сред с разной плотностью. Землетрясение породило серию сейсмических волн, которые вызвали сотрясения в водосодержащих осадках вследствие проявления эффекта Рихтмайера-Мешкова, при котором массовые силы имеют не только чисто гравитационное, как в случае реализации неустойчивости Рэлея-Тейлора, но и инерционное происхождение (Ивашнев, 2011). Сейсмические волны инициировали процессы прогибания синформ и роста разделяющих их пламенивидных выступов. В понижениях появлялось пространство, в которое под действием гравитационных сил устремились подушковидные обособления (рис. 1, кв. Б-5–7). Часть из них перемещалась вниз по слабо наклонным поверхностям скольжения (рис. 1, кв. Б-9-12). Позже горизонт с выступами, разделяющими их понижениями и подушковидными образованиями захоронился алеврито-песчаными осадками (рис. 1, кв. В-1-12), однако

вертикальные движения продолжились, на что указывают слепые дайки, нарушающие основание верхнего прослоя.

Выводы: среди широкого спектра деформационных структур часть формировались *in situ*, испытывая только вертикальное перемещение, а часть претерпела также и горизонтальное перемещение в пространстве. Процесс формирования горизонта с деформациями был кратковременным, но не одноактным, и завершился вскоре после потери осадками пластичности. Их формированию способствовало накопление осадков разной плотности, при этом более плотные (пески) перекрывали менее плотные (алевриты), создавая предпосылки для нарушения равновесия. Землетрясение и последующие афтершоки вызвали перераспределение пластичных осадков вследствие проявления эффекта Рихтмайера-Мешкова, при котором границы сред с разной плотностью испытывают ускорение под воздействием проходящих сейсмических волн. Выявленные сейсмичности, таким образом, являются индикаторами сейсмических событий, связанных с активизацией древних разломных зон в позднем плейстоцене.

Благодарности Исследования проведены в рамках госзаданий ГИН РАН, ИГЭ РАН
Конфликт интересов отсутствует

Литература

- Ивашнев О.Е. 2011. Механизм неустойчивости Рихтмайера-Мешкова. Механика жидкости и газа. № 4. С. 13–23.
- Никонов А.А., Полещук А.В., Зыков Д.С. 2017. О новейших разрывах и палеосейсмодислокациях в Онежской палеопротерозойской структуре Балтийского щита (Восточно-Европейская платформа). Труды КарНЦ РАН. № 11. С. 3–18.
- Шполянская Н.А. 1993. Конвективная природа дислокаций в отложениях с пластовыми льдами на севере Западной Сибири. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. № 3. С. 94–103.
- Belzyt S., Pisarska-Jamrozy M., Bitinas A., et al. 2021. Repetitive Late Pleistocene soft-sediment deformation by seismicity-induced liquefaction in north-western Lithuania. *Sedimentology*. V. 68, No. 7. P. 3033–3056.
- Johnson H.D. 1977. Sedimentation and water-escape structures in some Late Precambrian shallow marine sandstones from Finnmark, North Norway. *Sedimentology*. V. 24. P. 389–411.
- Poleshchuk, A.V., Zykov, D.S., Agibalov, A.O. et al. 2025. Dislocations in Late Pleistocene Loose Deposits of the Onega Structure as a Result of Seismic Impacts. *Moscow Univ. Geol. Bull.* 80, 589–598.
- Shelekhova T.S., Svetov S.A., Medvedev P.V. 2018. Trip to Girvas. Lateglacial–Interglacial transition: glaciotectonic, seismoactivity, catastrophic hydrographic and landscape changes. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. P. 24–37.
- Seilacher A. 1969. Fault-graded bends interpreted as seismites. *Sedimentology*. V. 13. P. 155–159.
- Vandenberghe J. 2013. Cryoturbation structures. *The Encyclopedia of Quaternary Science*. P. 430–435.

GIRVAS SEISMITES

Poleshchuk A.V., Zykov D.S., Kotov F.S.

Abstract. In the northwestern part of the Onega structure, a paragenesis of deformation structures in ductile sediments, previously classified as slump folds, was studied within the sand sequence. Possible hypotheses for their formation were considered, and a seismogenic mechanism for their formation was proposed.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЙ ВОДОЁМОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЩИТА

М.С.Потахин^{1,2}, М.Б.Зобков¹, М.А. Наumenко³, Ю.А.Кублицкий², Д.А.Субетто²

¹Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, mpotakhin@mail.ru

²Российский государственный педагогический университет им.А.И.Герцена,
г.Санкт-Петербург; subetto@mail.ru

³Институт озероведения РАН, Санкт-Петербургский ФИЦ РАН, г.Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрены ранее созданные реконструкции развития водоёмов юго-восточного склона Фенноскандинавского кристаллического щита в позднем неоплейстоцене и голоцене. Приведена методика палеорекопункций водоёмов с использованием цифровых моделей рельефа и ГИС-инструментов. В настоящее время разработана совмещенная модель рельефа, содержащая данные о глубинах водоёмов и высотных отметках суши. Она позволяет провести единую ГИС-рекопункцию развития исследуемой территории, определить морфометрические характеристики водоёмов и их водосборов на разных этапах развития.

Ключевые слова: Ладожское озеро, Онежское озеро, Финский залив, поздний неоплейстоцен, голоцен, ГИС-рекопункции

Юго-восточный склон Фенноскандинавского кристаллического щита в зоне сочленения его с Русской осадочной плитой усложнен депрессиями, в настоящее время занятыми водами Финского залива Балтийского моря, Ладожского и Онежского озер, Онежского залива Белого моря. Депрессии были сформированы в основном тектоническими процессами, однако плейстоценовые покровные оледенения также существенно повлияли на их форму и структуру. В ледниковые периоды эти депрессии вмещали ледовые потоки, а в межледниковые периоды — пресные и соленые воды озер и морей. В последнее валдайское оледенение они были заполнены потоками Скандинавского ледника, таяние которых привело к образованию и дальнейшему развитию приледниковых водоемов.

Существует ряд оригинальных реконструкций развития крупнейших водоёмов изучаемого района в позднем неоплейстоцене и голоцене (Бискэ и др., 1971; Квасов, 1975; Демидов, 2010 и др.). Все они по-разному оценивают гляциоизостатическое поднятие территории, положение и высоту порогов стока, а также размеры водоёмов. В последнее время созданы реконструкции с использованием ГИС-инструментов на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР), в том числе с применением цифровых батиметрических моделей (ЦБМ) (Амантов, Амантова, 2017; Zobkov et al., 2017; Анисимов, Минина, 2020 и др.).

Так, например, при выполнении реконструкций развития Онежского озера (Zobkov et al., 2017) основным источником современных высот послужила глобальная ЦМР Земли, разработанная J. de Ferranti (JdF) (Kirmse, de Ferranti, 2017), ЦБМ была создана путем оцифровки навигационных карт (Потахин и др., 2024). В результате была получена совмещенная ЦМР котловины Онежского озера и прилегающих к нему территорий. Для реконструкции приледниковых этапов развития водоёма задавались положения ледника по краевым моренным образованиям, значения изобаз — из работ И.Н. Демидова (2010) и Г.С. Бискэ и др. (1971). В результате были построены картосхемы 12-ти этапов развития Онежского озера в позднем неоплейстоцене и голоцене (14,5-3,0 календарных тысяч лет назад). Использование совмещенной цифровой модели позволило определить основные морфометрические характеристики Онежского озера на каждом этапе его развития (Палеолимнология, 2022).

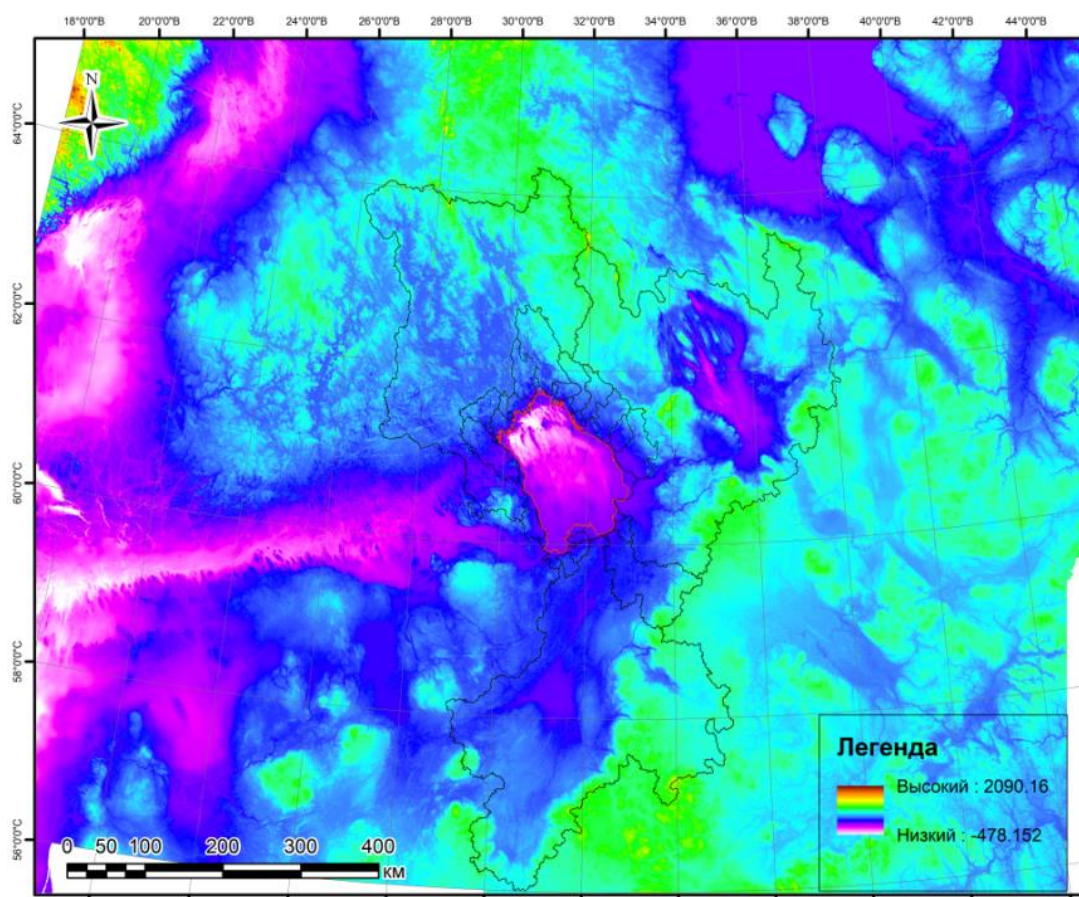


Рис. Интегрированная ЦМР изучаемой территории

В настоящее время разработана ЦМР исследуемого района (рисунок), включающая высотные отметки суши из модели JdF и данные о глубинах из разработанных ранее моделей Ладожского (Naumenko, 2020) и Онежского (Потехин и др., 2024) озер. ЦМР была дополнена специально созданными батиметрическими моделями восточной части Финского залива Балтийского моря и крупных финских озер (Сайма, Пиелинен, Пуула и др.). Также для наполнения ЦМР были использованы векторные карты глубин малых озер Финляндии, имеющиеся в открытом доступе и ЦБМ некоторых озер Карельского перешейка. Депрессии ряда малых озер Карелии были интерполированы исходя из информации об их максимальной глубине. На основе полученной интегрированной ЦМР и геофизической модели изостазии Земли Ice6G (Argus et al., 2014. проведены реконструкции развития Ладожского и Онежского озер и прилегающих территорий в основные климатические периоды позднего неоплейстоцена и голоцена. Они позволили определить изменение основных морфометрических характеристик водоёмов и водосборов. Полученные данные хорошо согласуются с выполненными ранее реконструкциями (Демидов, 2010; Амантов, Амантова, 2017; Zobkov et al., 2017; Анисимов, Минина, 2020 и др.).

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 24-17-00206, <https://rscf.ru/project/24-17-00206>.

Литература

- Амантов А.В., Амантова М.Г. 2017. Моделирование послеледникового развития района Ладожского озера и восточной части Финского залива // Региональная геология и металлогения. № 69. С.5-14.
- Анисимов Н.В., Минина М.В. 2020. Реконструкции палеобассейнов крупных озерных систем юго-восточной периферии Скандинавского ледникового щита в позднем плейстоцене //

Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. Вып. 7. С. 264-268.

Бискэ Г.С., Лак Г.Ц., Лукашов А.Д., Горюнова Н.Н., Ильин В.А. 1971. Строение и история котловины Онежского озера. Петрозаводск. 74 с.

Демидов И.Н. 2010. Этапы развития котловины Онежского озера // Онежское озеро. Атлас. Петрозаводск. С. 27-28.

Квасов Д.Д. 1975. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л. 278 с.

Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям / отв. ред. Д. А. Субетто. Петрозаводск, 2022. 332 с.

Потахин М.С., Зобков М.Б., Беляев П.Ю. 2024. Новая цифровая батиметрическая модель Онежского озера (Верхне-Свирского водохранилища): разработка, верификация, применение // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 69(1). С. 85-107.

Argus D.F., Peltier W.R., Drummond R., Moore A.W. 2014. The Antarctica component of postglacial rebound model ICE-6G_C (VM5a) based upon GPS positioning, exposure age dating of ice thicknesses, and relative sea level histories. *Geophys. J. Int.* 198(1): 537-563.

Kirmse A., de Ferranti J. 2017. Calculating the prominence and isolation of every mountain in the world. *Prog Phys Geogr.* 41(6): 788-802.

Naumenko M.A. 2020. Lake Ladoga Digital Bathymetric Models: envelopment Approaches and Insight for Limnological Investigations. *Limnol. Rev.* 20(2):65-80.

Zobkov M., Potakhin M., Subetto D., Tarasov A. 2019. Reconstructing Lake Onego evolution during and after the Late Weichselian glaciation with special reference to water volume and area estimations. *Journal of Paleolimnology.* 62(1): 53-71.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF DIGITAL ELEVATION MODELS FOR PALEORECONSTRUCTIONS OF WATER BODIES ON THE SOUTH-EASTERN FLANG OF THE FENNOSCANDIAN CRYSTALLINE SHIELD

Potakhin M.S., Zobkov M.B., Naumenko M. A., Kublitsky Yu.A., Subetto D.A.

Abstract. The article summarizes previously created reconstructions of water bodies' development on the southeastern slope of the Fennoscandian Shield. A methodology for reconstructing using digital elevation models and GIS tools is presented. Work has now been completed on creating a combined digital elevation model containing water bodies' depth and elevation data. This model allows for a unified paleoreconstruction of the study area and the calculation of the morphometric characteristics of water bodies and their catchment basins at different stages of their development.

ДНЕВНЫЕ ПОЧВЫ НА ЛЕССОИДАХ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ И ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОН РУССКОЙ РАВНИНЫ: ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ МАТРИЦА И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

А.В. Русаков¹, А.А. Леонтьев^{1,4}, А.О. Макеев², Н.В. Мокиевский^{2,3}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,

³Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Москва, Россия

⁴ЦМП им. В.В. Докучаева — филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева"
spp-06@mail.ru; field@festuka.ru; makeevao@gmail.com; n.mokievskiy@bk.ru

Аннотация. Обсуждается дискуссионный вопрос о финальном этапе лёссонакопления в гляциальной области последнего (валдайского) оледенения на северо-западе Русской равнины (Ленинградская и Новгородская обл.). Показано, что в составе литоматрицы почвенного профиля субэдральные отложения (лёссоиды) формируют облегченную по гранулометрическому составу, обогащенную крупнопылеватой фракцией часть текстурно-дифференцированного профиля, которая подстилается породами различного генезиса (морены, флювиогляциальные и озерно-ледниковые супесчано-суглинистые отложения и др.). Сделано предположение, что эоловая седиментация могла быть приурочена к микроперигляциальным зонам, формировавшимся при поэтапном отступании ледника. Приведена сравнительная характеристика литоматрицы текстурно-дифференцированных почв с лёссоидами перигляциальной (Вологодская, Ярославская и Ивановская обл.) и ледниковой зон.

Ключевые слова: лёссоиды, текстурно-дифференцированные почвы, поздний неоплейстоцен

Литологическому фактору почвообразования по сравнению с другими факторами (климат, биота, рельеф, время) не всегда уделяется должное внимание, следствием чего возникает недооценка его роли в формировании почв и почвенного покрова. Особую актуальность изучение литологического фактора, фактически – состава и генезиса почвообразующих пород (ПОП), приобретает в гляциальной и перигляциальной областях на Русской равнине.

Наиболее сложной в геолого-литолого-геоморфологическом отношении территорией является Северо-Запад Русской равнины (исследования проводились в Новгородской и Ленинградской областях) – уникальный район ледниковых равнин с молодыми формами валдайского рельефа и разнообразными слабо измененными ПОП, сохранившими, в том числе влияние подстилающих коренных пород.

В составе ПОП северной перигляциальной области, наряду с ледниковыми породами предпоследнего оледенения, заметное участие принимают покровные суглинки – безвалунные крупнопылеватые породы эолового генезиса (лёссоиды), плащеобразно перекрывающие различные элементы рельефа и встречающиеся либо относительно крупными массивами (сотни кв. км), или менее крупными спорадически-пятнистыми ареалами среди ПОП различного генезиса (морены, озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения и т.д.). Покровные суглинки являются самыми распространенными ПОП в северной перигляциальной области, занимая до 50% площади междуречий, в ледниковой же зоне лёссоиды до последнего времени не описаны. Однако проведенные нами в течение 2022–2025 гг. работы по крупномасштабному (1:10000) картографированию почвенного покрова залежных угодий в пределах землепользований бывших хозяйств Ленинградской области и на ключевых участках с целинным почвенным покровом в Новгородской области, выявили ареалы ПОП, которые по морфологическим признакам и гранулометрическому составу весьма

схожи с лёссоидами перигляциальной области Русской равнины (Русаков и др., 2025а,б). Поскольку эти отложения не были отражены на картах четвертичных отложений Северо-Запада, то почвоведы во время полевой диагностики вынуждены были относить эти пылеватые породы к супесчано-суглинистым озерно-ледниковым отложениям и/или к верхней алевритовой толще морен.

Таким образом, приведенные выше факты позволили объединить пылеватые отложения гляциальной и приледниковой зон Русской равнины в группу субаэральных отложений, седиментация которых относится к позднеледниковью – началу голоцена. В опубликованной недавно концептуальной работе В.И. Астахова (2024) эти субаэральные отложения объединены в группу лёссоидов, к которой принадлежит прежде всего собственно лёсс, то есть эоловая пыль, преобразованная степным педогенезом/диагенезом, и алевриты преимущественно эолового происхождения. В цитированной выше статье отмечается, что, несмотря на вторичное, переотложенное происхождение многих лёссоидов, первичным источником основной массы слагающего эти породы алевритового материала является ветровой перенос. Поэтому справедлива общая генетическая характеристика лёссоидов как субаэральных образований.

В настоящей работе предпринята попытка обобщения данных по лёссоидам ледниковой и перигляциальных зон на основе изучения строения и свойств литологической матрицы (литоматрицы) голоценовых почв, сформированных на этих проблематичных отложениях. Прежде всего это фракции песка (1,0–0,05 мм), крупной пыли (0,05–0,01 мм), а также фракции средней пыли (0,01–0,005 мм). Именно литоматрица определяет базовые физические и физико-механические свойства почвы, и направляет тренд педогенеза в зависимости от конкретных биоклиматических и других условий, то есть, реализуется «трансформационный потенциал субстрата» (Таргульян, 1986).

В перигляциальной зоне содержание крупнопылевой фракции (0,05–0,01 мм) в среднем составляет 45–55%, иногда достигает 65–70%. Содержание песчаных частиц (1,0–0,25 мм) не превышает 5% (обычно – значительно меньше, вплоть до полного отсутствия), содержание песчаных фракций (>0,05 мм) составляет около 20%. Таким образом, на тонкодисперсные фракции приходится в среднем не более 20–30%.

Литоматрица лёссоидов ледниковой зоны, по данным наших исследований, отличается гораздо большим разнообразием. Выделяются следующие группы лёссоидов (Русаков и др., 2025а).

Группа I представлена супесчано-суглинистыми отложениями, практически не содержащими скелетной фракции (>1 мм). Содержание крупнопылевой фракции в составе мелкозема профилей варьирует в среднем от 30–40 до 55 % в верхних 50 см. Вскрытая мощность пылеватых суглинков составила 1,3–1,5 м. Эта группа, хотя и имеет ограниченное распространение, по гранулометрическому составу в наибольшей степени соответствует центральному образу лёссоидов приледниковой зоны. Полевые исследования показали большое сходство морфологического строения почв, сформированных на лёссоидах как ледниковой, так и приледниковой зон.

Группа II (менее представленная по сравнению с первой группой) представлена двучленными ПОП: озерно-ледниковые супесчано-суглинистые отложения, подстилаемые мореной, включающие в средней части толщи (на глубине 0,4–0,6 м) прослой лёссоидов. По всей видимости, литогенная матрица этих почв отражает сложный и динамичный процесс осадконакопления в позднеледниковье в пределах изученной территории. Наличие слоя пылеватых суглинков отражает кратковременный субаэральный перерыв в озерном осадконакоплении.

Группа III (имеет широкое распространение) включает почвы на лёссоидах, подстилаемых мореной. Содержание крупнопылевой фракции в слое лёссоидов составляет до 43 %. В отличие от описанных выше двух групп, в почвах данной группы лёссоиды содержат скелетную часть.

Таким образом, наши исследования показали, что маломощный плащ субаэральнх отложений распространен в зоне последнего оледенения, но отличается спорадическим распространением, более широким размахом варьирования пылеватых фракций в гранулометрическом составе поверхностных почв. В составе литоматрицы почвенного профиля кроющий пылеватый нанос формирует облегченную по гранулометрическому составу часть текстурно-дифференцированного профиля и подстилается породами различного генезиса (морены, озёрно-ледниковые отложения и др.).

Ландшафтная приуроченность и ареал этих отложений нуждаются в дальнейшем исследовании: необходимо также инструментальное подтверждение возраста осадконакопления, прежде всего с использованием ОСЛ-метода. Эоловая седиментация, по-видимому, приурочена к микроперигляциальным зонам, формировавшимся при поэтапном отступании ледника.

Установленное в ходе наших исследований принципиальное сходство литогенной матрицы дневных почв на лёссовидах ледниковой и приледниковой зон открывает перед почвоведом перспективу изучения степени и выраженности голоценовой педогенной трансформации субстратного потенциала, касающихся, прежде всего текстурной дифференциации профиля в зависимости от выраженности в контрастном отношении биоклиматических факторов Северо-запада и центра Русской равнины.

Благодарности. Работа проведена при финансовой поддержке РНФ (23-17-00073).

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература

- Астахов В.И. Лёссовиды и другие индикаторы северного перигляциала // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 2. С. 5—33. <https://doi.org/10.31857/S2949178924020018>
- Русаков А.В., Леонтьев А.А., Макеев А.О., Мокиевский Н.В. Финальный этап лёссонакопления в гляциальной области последнего оледенения (северо-запад Русской равнины) // Вестник геонаук. 2025а. 12 (372). С. 23—30. DOI: 10.19110/geov.2025.12.3
- Русаков А.В., Никонов А.А., Седов С.Н., Савельева Л.А., Попов А.И., Зазовская Э.П. Стратифицированная почва на диктионемовых сланцах в области последнего покровного оледенения (южное Приладожье): свойства, палеогеографическая интерпретация и вопросы радиоуглеродного датирования // Почвоведение № 4, 2025б С. 449—463. DOI: 10.31857/S0032180X25040028
- Таргульян В.О. Общепланетарная модель экзогенеза и педогенез // Успехи почвоведения: Сов. почвоведы к XIII Междунар. конгр. почвоведов, Гамбург, 1986 / Отв. ред. В. А. Ковда, М. А. Глазовская. – М.: Наука, 1986.

MODERN SURFACE SOILS ON LOESSOIDS OF THE GLACIAL AND PERIGLACIAL ZONES OF THE RUSSIAN PLAIN: LITHOLOGICAL MATRIX AND PALEOGEOGRAPHIC INTERPRETATION

Rusakov A.V., Leontev A.A., Makeev A.O., Mokievsky N.V.

Abstract: The paper discusses the controversial issue of the final stage of loess accumulation in the glacial area of the last (Valdai) glaciation in the northwest of the Russian Plain (Leningrad and Novgorod regions). It is shown that within the lithological matrix of the soil profile, subaerial deposits (loessoids) form a part of the texturally differentiated soil profile that is characterized by a coarser grain-size composition and is enriched in the coarse silt fraction. This layer overlies deposits of various origins (tills, fluvio-glacial and glaciolacustrine loamy sand to loam deposits, etc.). It is suggested that aeolian sedimentation could have been confined to microperiglacial zones formed during the stepwise retreat of the ice sheet. A comparative characterization of the lithological matrix of texturally differentiated soils with loessoids from the periglacial (Vologda, Yaroslavl, and Ivanovo regions) and glacial zones is provided.

ОСОБЕННОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ И ПОСЛЕЛЕДНИКОВЬЯ В ПЕРИФЕРИЙНЫХ БАССЕЙНАХ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

А.Е. Рыбалко^{1,2,3}, Д.А. Субетто¹, В.Д. Страховенко^{1,4}, Н.А. Белкина^{1,5},
Л.А. Савельева², А.О. Аксенов², З.В. Пушина³, П.Ю. Беляев³

¹Российский Государственный университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
subetto@mail.ru

²Институт наук о Земле СПбГУ Санкт-Петербург, Россия, axuon.2801@mail.ru

³ФГБУ «ВНИИОкеангеология» Санкт-Петербург, Россия, alek-rybalko@yandex.ru

⁴Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН,
Новосибирск, Россия, strahova@igm.nsc.ru

⁵Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, bel110863@mail.ru

Аннотация. В докладе на основании собственных данных, полученных в последние 10 лет и анализа литературы, начиная с 50-х годов прошлого века, обсуждаются особенности развития озерных и морских бассейнов, приуроченных к восточной периферии Балтийского кристаллического щита. Показано, что зарождение этих бассейнов, связанных с экзарацией древних тектоногенных зон осташковским ледником, происходило в разное время в зависимости от положения края ледника и гипсометрического уровня конкретного бассейна. Сделан вывод, что ранний голоцен – это период наиболее динамичной смены подводных и надводных ландшафтов, связанных с деградацией ледникового щита и восстановлением широтной ландшафтной зональности, а также седиментационных обстановок в самих водных бассейнах.

Ключевые слова: Палеогеография Северо-Запада РФ на рубеже позднего неоплейстоцена-голоцена, моря: Белое и Балтийское (Финский залив), озера: Ладожское и Онежское, деградация осташковского оледенения.

В истории всех внутренних бассейнов восточной периферии Балтийского кристаллического щита (как озерных – Ладожское и Онежское озера, так и морских – Белое и Балтийское моря) есть два ключевых момента: возникновение первых палеобассейнов и переход от приледникового к озерному или морскому развитию. По поводу первого написано много работ. Время возникновения первоначальных приледниковых бассейнов существенно различается в конкретных регионах. Второй же этап начинался преимущественно на заключительных этапах неоплейстоцена (МИС2) и завершался в раннем голоцене (МИС1). На этом этапе произошло окончательное разделение приледниковых бассейнов на озера и внутренние моря. С этим периодом совпадает коренная перестройка природной среды на всем Северо-Западе России, меняется климат, практически перестают поступать талые ледниковые воды и начинают развиваться как растительность на берегу, так и биота внутри самих водных бассейнов. Все это прямо отражается как на строении разрезов четвертичных отложений на дне морей и озер, так и на изменении минеральных и геохимических особенностей донных осадков. Изучая в течение последних 11 лет строение четвертичного покрова указанных озерных и морских бассейнов, мы решили осветить особенности изменения характера седиментогенеза в них на рубеже верхнего неоплейстоцена и голоцена.

В Белом море наиболее древними датированными отложениями являются ленточноподобные буровато-серые глины в районе дер. Лямцы на Зимнем берегу в южной части Онежского залива, которые перекрывают ледниковую грядку. По данным палинологического анализа возраст этих отложений – поздний дриас, что нашло свое подтверждение по результатам палеомагнитного анализа. В генетическом отношении – это отложения приледникового озера (Рыбалко и др. 1987). А вот смена приледниковых условий

ледниково-морскими и морскими лучше всего изучена в районе Соловецкого архипелага, где воды Онежского залива смыкаются с водами Центрального Бассейна (Невесский и др., 1977, Рыбалко и др. 1987).

В отобранных здесь колонках, в отложениях среднего дриаса, были установлены преимущественно тундровые спектры, что позволяет считать водный бассейн в это время еще пресноводным, но уже теряющим связь с талыми ледниковыми водами. Об этом свидетельствует резкое снижение в осадках примеси песка, а слоистость становится цветной (чередование буровато-серых и серых тонов без ярко выраженной градиционной слоистости). В аллереде по данным спорово-пыльцевого анализа намечается общее потепление климата (Мануйлов и др., 1981), что приводит к постепенному утонению гранулометрического состава, связанного с отступлением ледника за пределы Белого моря. При этом, сам водный бассейн был, по-видимому, пресноводным, о чем говорит присутствие единичных пресноводных холоднолюбивых диатомей (Рыбалко и др., 1977).

Верхнедриасовые отложения, представленные по-прежнему ленточно-слоистыми осадками, накопление которых происходило в бассейне с преимущественно тундровым характером растительности, что связано, вероятно, со стадийным надвигом ледника как в южной части Онежского залива, так и вдоль оси глубоководной впадины. На это указывают многочисленные ледниковые гряды по периферии этой впадины. В тоже время в донных осадках в районе Соловецкого архипелага фиксируется появление сублиторального арктобореально солоноватоводного комплекса диатомовой флоры, что указывает на развитие в это время трансгрессии Портляндия, хотя сам водный бассейн был существенно опреснен (Рыбалко и др., 1977). По многочисленным данным именно осадки этого периода являются наиболее тонкозернистыми из верхнеплейстоценовых отложений и в них практически пропадает грубообломочный материал. Минеральный же состав практически не испытывает изменений и сохраняет магнетит – граната - роговообманковую ассоциацию, наследуя тем самым первоначальную матрицу кристаллических пород.

Изменения в процессе осадконакопления начинаются в пребореальное время голоцена и максимума достигают в бореальное время. В это время начинают накапливаться оливково-серые текуче-пластичные алевропелиты, в которых вверх по разрезу появляются скопления раковин морских моллюсков. Следует отметить, что на относительно мелководных участках (до 50м глубины) в кровле ленточно-слоистых глин фиксируется размыв, прекрасно видный на томограммах. В колонках обычно отсутствуют пребореальные отложения, а бореальные часто имеют сокращенный разрез. В кутовой части Кандлакшского залива иногда верхнеплейстоценовые осадки вообще отсутствуют и современные голоценовые илы непосредственно перекрывают кровлю размытой морены ошашковского возраста. В литологическом отношении в осадках возрастает содержание песчаного материала, скачкообразно возрастает содержание биогенных элементов (CaCO_3 , $\text{SiO}_{2\text{аут}}$ и $\text{C}_{\text{орг}}$), но структура минеральной ассоциации для тяжелых минералов остается прежней. В относительно глубоководных отложениях этому интервалу времени часто соответствует горизонт бурых, с пятнами тонкораспыленной органики, мягкопластичных глин, которые иногда приобретают шоколадные тона. В этих глинах часто фиксируются аутигенные сульфиды (сфалерит(?)) размером до 2-3 мм.

Для этого времени характерны очень неоднородные фациальные условия. Так, в юго-западной части Онежского залива как состав диатомовых, так и литологические особенности донных осадков пребореального возраста указывают на некоторое влияние на осадконакопление талых ледниковых вод. В восточной части Онежского залива, между собственно Онежской губой и Соловецким архипелагом, нижнеголоценовые осадки в принципе отсутствуют. Этот палеогеографический эпизод происходил разновременно в разных районах Белого моря и в литологическом отношении осадки также различаются между собой. Это хорошо видно на примере смены фаций вдоль южного побережья Кольского полуострова от Горла до Кандалакшского залива. В любом случае морские условия в Белом море полностью установились в начале атлантического периода, в районе Соловецкого

архипелага уже в конце бореального времени. Здесь в отложениях с календарным возрастом 8380-8030 тыс.л. н. в диатомовых комплексах преобладают морские неритические аркто-бореальные виды (определения З.В. Пушиной).

Разнообразие как фациальных условий, так и временных рамок смены приледникового озерного на типичный озерный седиментогенез характерно для Ладожского и Онежского озер. Это хорошо видно при сопоставлении наших многолетних исследований в Онежском озере (монография) и опубликованных материалов по колонке 1309 Ладожского озера, полученных в рамках российско-германского сотрудничества (Savelieva et al., 2019). В Онежском озере по результатам палинологического анализа донных колонок накопление ленточных глин, включая «розовый горизонт» завершилось в середине верхнего дриаса (Лаврова, 2005), а согласно данным финских исследователей (Saarnisto et al., 2001) даже до начала верхнего дриаса. Из этого следует, что к началу позднего дриаса, т.е. около 12,8 тыс.кал. л.н., край Скандинавского ледника «отступил из водосборного бассейна Онежского озера и талые ледниковые воды начали дренироваться в бассейн Ладоги и Белого моря мимо котловины Онежского озера». В Онежском озере началось нормальное озерное осадконакопление, сопровождавшееся падением уровня Онежского приледникового водоема. В литологическом плане это обстоятельство подтверждается многочисленными выходами ленточных глин непосредственно на поверхность дна Онежского озера, особенно в его южной части, а также завершением формирования ленточных глин уже на границе аллеред-верхний дриас.

В это же время в Ладожском озере накопление ленточных глин продолжалось до конца позднего дриаса, а время формирования ленточных глин происходило согласно данным по колонке Co1309 в возрастном интервале от 13.9 до 11.38 тыс. кал. л.н. (Gromig, et al. 2019, Savelieva et al. 2019). В Ладожском озере литостратиграфическая граница в кровле верхней слоистой пачки в его северной части четко совпадает с возрастной границей верхний неоплейстоцен/голоцен. Во многом это связано с близостью Ладожского озера к краю деградирующего ледника. Несмотря на разницу во времени дегляциации Онежского и Ладожского озер, которая составляет более 1000 лет, в Приладожье в течении интерстадиального потепления аллерёд участие ели в составе растительного покрова было значительнее, чем в Прионежье. Пришедшее на смену похолодание позднего дриаса привело к преобладанию тундровой растительности с участием перигляциальной флоры и преобладанием ксерофитных сообществ. Однако, в начале голоцена (пребореальный период) глобальное потепление климата и тепляющее воздействие Балтийского моря привели к более быстрой деградации и полному исчезновению перигляциальной флоры в Приладожье и развитию на берегах березовых и сосновых лесов. В это время в районе Онежского озера еще сохранялись массивы мертвого льда, которые, по-видимому, препятствовали быстрому распространению древесной растительности и способствовали сохранению тундровых сообществ (Демидов, 2004, Rybalko et al. 2020).

Анализ соотношения развития водных бассейнов и вещественного состава донных осадков показывает часто парадоксальное явление. Растительность на берегах уступает в скорости преобразования характера водных бассейнов, при этом индивидуальные особенности развития наземных ландшафтов более консервативные, чем подводных. Одним из факторов такого явления, вероятно, являются гидрологические обстановки. Именно этим можно объяснить, что при сохранении тундровой растительности на берегах в Онежский залив уже проникли воды из Горла Белого моря, где вторжение океанических водных масс со стороны Баренцева моря произошло во второй половине аллередского времени. Ранний голоцен — это период наиболее динамичной смены подводных и надводных ландшафтов, связанных с деградацией ледникового щита и восстановления широтной ландшафтной зональности.

Благодарности. Авторы благодарны фонду РФФИ за финансовую поддержку проект РФФИ № 24-17-00206

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- Демидов И.Н. 2004. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье. Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С.208-218
- Лаврова Н.Б. 2005. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения. Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С.143-148
- Мануйлов С.Ф., Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А. и др. 1981. Стратотип позднеплейстоценовых и голоценовых отложений Соловецкого шельфа Белого моря // Палинология плейстоцена и голоцена Л.: Изд. ЛГУ, С. 116–134.
- Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. 1977. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 240с.
- Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Спиридонова Е.А., П.Е. Москаленко. Четвертичные отложения Онежского залива и основные черты его палеогеографии в плейстоцене-голоцене // Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциального шельфа. Л.: ВСЕГЕИ, 1977. С. 38–52.
- Gromig R., Wagner B., Wennrich V., et al. 2019. Deglaciation history of Lake Ladoga (northwestern Russia) based on varved sediments // *Boreas*, 48(2), 330-348, Rybalko A.E., Subetto D.A., Tokarev M.Yu., et. al. 2020. Lithoseismostratigraphy and features of the paleogeographic development of Lake Onega and the White Sea in the Late Pleistocene and Holocene // *Limnology and Freshwater Biology*? №4, P. 524-526
- Saarnisto M., Saarinen T. 2001. Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the Lake Onega Basin to the Salpausselka End Moraines // *Global and Planetary Change*. Vol. 31. P. 387–405
- Savelieva, L. A., Andreev, A. A., Gromig, R., et al. 2019. Vegetation and climate changes during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record. *Boreas*, №48, 349–360.

FEATURES OF SEDIMENTATION AT THE LATE-GLACIAL AND POST-GLACIAL BOUNDARY IN THE PERIPHERAL BASINS OF THE EASTERN SLOPE OF THE BALTIC SHIELD

Rybalko A.E., Subetto D.A., Strakhovenko V.D. Belkina N.A., Savelyeva L.A., Aksenov A.O., Pushina Z.V., Belyaev P.Yu.

Abstract. This paper, based on our own data obtained over the past 10 years and an analysis of literature dating back to the 1950s, discusses the developmental features of lake and sea basins confined to the eastern periphery of the Baltic crystalline shield. It is shown that the origin of these basins, associated with the exaration of ancient tectonic zones by the Ostashkov Glacier, occurred at different times depending on the position of the glacier margin and the hypsometric level of the basin. It is concluded that the early Holocene is a period of the most dynamic change in underwater and above-water landscapes associated with the degradation of the ice sheet and the restoration of latitudinal landscape zonation.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗОНЕ КРЕСТЕЦКОЙ ЛЕДНИКОВОЙ СТАДИИ: ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПУДОЖСКОМУ РАЙОНУ КАРЕЛИИ

П.А. Рязанцев, Г.Н. Родионов, М.О. Цветков

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, chthonian@yandex.ru

Аннотация. Приводятся первые результаты изучения четвертичных отложений в пределах краевых образований Вепсовско-Крестецкой стадии поздневалдайского оледенения в юго-восточной части Пудожского района Карелии. Выполнен комплексный анализ цифровой модели рельефа, данных георадиолокации, полевых геологических маршрутов и радиоуглеродного датирования донных отложений, на основе чего выявлен ряд особенностей строения четвертичных отложений территории. В ходе полевых работ в рельефе выявлены следы, свидетельствующие о влиянии отдельных эпизодов таяния массивов мёртвого льда и водно-ледниковых процессов, оказавших существенное влияние на формирование современного облика исследуемого района.

Ключевые слова: Крестецкая стадия, краевые образования, датирование, дегляциация, георадиолокация, мёртвый лёд, палеогеография.

Изучение периферийных частей фаз отступления поздневалдайского ледника важно с точки зрения палеогеографической реконструкции процесса дегляциации и последующего становления современных ландшафтов на территории Карелии. Наиболее репрезентативной в этом аспекте является зона развития краевых образований Вепсовско-Крестецкой стадии дегляциации (~15 000–14 000 л. н.), представляющих собой чередование напорных морен с зонами холмисто-котловинного моренного рельефа, в частности представленного аккумулятивными возвышенностями Колодозерско-Кенозерских гряд и обширными полями камов, в юго-восточной части Пудожского района Республики Карелия, на границе с Архангельской областью (Ekman, Iljin, 1991). Расположение пояса приурочено к Карбоновому уступу, который проходит через район работ с юго-запада на северо-восток. По различным критериям ранее отмечалось, что в формировании современных ландшафтов принимали участие обширные поля мёртвого льда и супрагляциальные осадочные комплексы (Демидов, 2005). Это, в частности, привело к более позднему началу образования озер (Лаврова, 2005). В общем виде четвертичные отложения рассматриваемой территории имеют двухчленное строение, когда внешняя (восточная) часть представлена моренными грядами, а внутренняя (западная) – холмисто-грядовым и камовым рельефом. При этом западнее участка работ камовые поля занимают площадь более 400 км² со средней мощностью 30–50 м (Демидов, 1998).

На основании имеющихся предпосылок в зоне предполагаемого положения конечных гряд Крестецкой стадии Осташковского оледенения (в соответствии с картой четвертичных образований, лист Р-37, М 1:1 000 000) в районе д. Усть-Река были начаты исследования с целью выявления особенностей строения ледниковых отложений и поиска объектов, маркирующих этапы и отражающих динамику постгляциального развития района. На первом этапе было выполнено рекогносцировочное обследование, которое включало поиск и описание наиболее представительных разрезов четвертичных отложений, первичное датирование донных отложений малых озер, а также геофизическую съёмку методом георадиолокации.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) демонстрирует четкое геоморфологическое разделение на гряды с высотными отметками 180 м и более на востоке и холмистую равнину с высотой порядка 160 м (рис. 1а). Согласно карте четвертичных отложений, восточная часть района работ сложена основной мореной, тогда как западная — ледниково-озерными

образованиями. На севере расположены флювиогляциальные отложения (рис. 1б). Следует отметить, что предполагаемая граница Крестецкой стадии в районе исследования имеет субмеридиональное направление, тогда как элементы рельефа, а также граница карбонового глинта (рис. 1в) свидетельствуют о северо-восточном простираии. Юго-восточная область исследуемого участка наиболее низменная и, возможно, является гляциодепрессией. Георадаром ОКО-2 с антенным блоком 100 МГц пройдены два профиля: ГР_1 по направлению север–юг протяженностью 14 км и ГР_2 по направлению запад–восток общей длиной 18 км. Анализ радарограмм показал четкое различие в волновом поле между западной (низинной) и восточной (грядовой) частями. Так как восточная часть сложена глинистой мореной, сигнал георадара, полученный на профиле ГР_2, активно затухал начиная с глубин 3 – 4 м, тогда как по профилю ГР_1 читались осадочные фации разного генезиса до глубин 10 м.

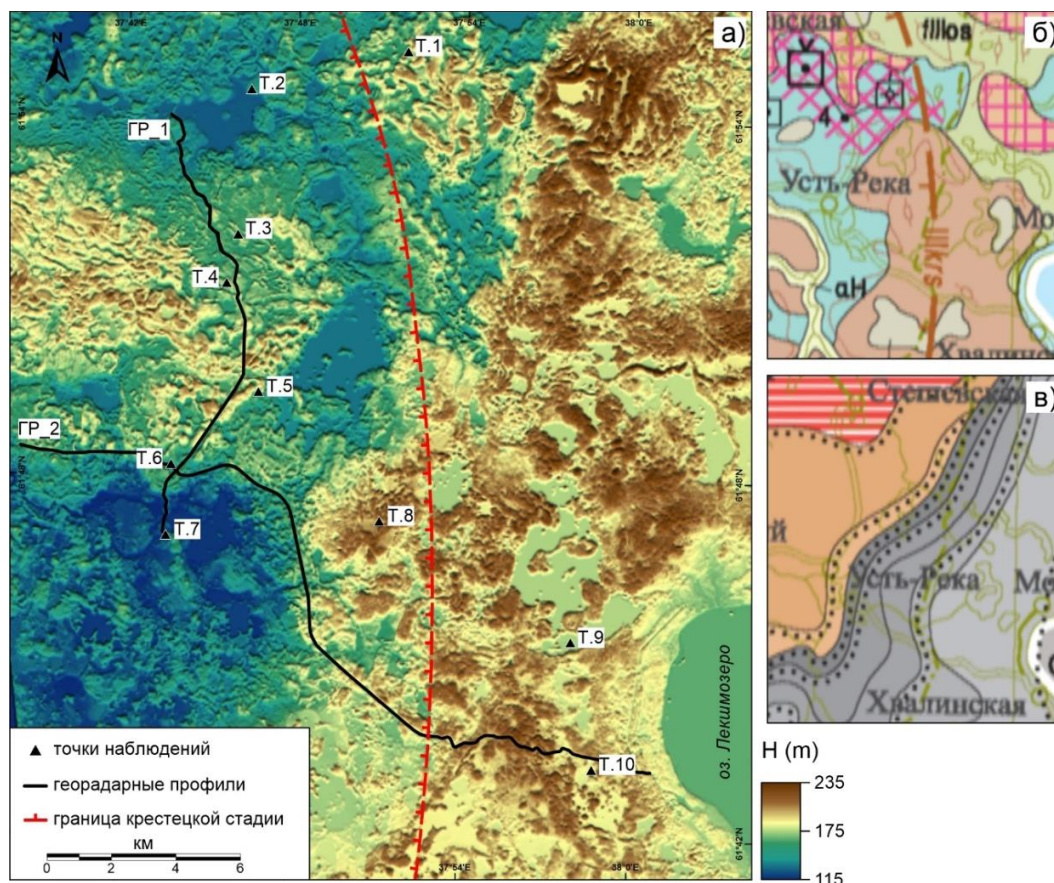


Рис. 1. Цифровая модель рельефа ArcticDEM для района работ (а), фрагмент карты четвертичных отложений ГТК (масштаб 1:1 000 000) (б) и фрагмент карты дочетвертичных образований (в).

В результате рекогносцировочных маршрутов для более детальных исследований были выбраны участки с различными формами рельефа, сложенные отложениями разного состава и генезиса. Например, на севере исследованного участка в отработанном песчано-гравийном карьере, вскрывающем комплекс флювиогляциальных отложений (Т.1), на абсолютной отметке 174 м установлена толща слоистых среднезернистых песков, залегающих на плотно упакованных валунах с песчаным заполнителем. В этих песках установлены дислокации, вероятно, криогенного генезиса, а также, начиная с глубины 1 м отдельные слои рыжей пылеватой пластичной супеси (рис. 2а), перекрывающиеся песками разной зернистости. Подобный слой супеси был также обнаружен и в разрезе южнее (Т.4). В то же время в карьере на абс. отм. 128 м рядом с д. Усть-Река (Т.7) состав отложений значительно отличается: здесь преобладают мелкозернистые пески с характерной тонкой горизонтальной слоистостью, предположительно озерного генезиса, переслаивающиеся со слоями флювиогляциальных гравийных песков (рис. 2б). С целью уточнения палеогеографической обстановки и процессов,

в результате которых сформировался рельеф данной территории, были отобраны образцы для радиоуглеродного датирования из трех озер, расположенных на разных абсолютных отметках. Были получены датировки, указывающие на разное время накопления органогенных осадков. Так, в озере Хабозеро (в пределах камового и грядового рельефа) в понижении на абс. отм. 179 м (Т.10), под слоем торфа и гиттии мощностью 5.1 м были обнаружены погребённые (затопленные?) почвы (с неразложившимся слоем лесной подстилки, пронизанной корнями) (рис. 2в). Радиоуглеродная датировка этих осадков — 11610 ± 450 кал. лет назад. В озере Тамбичозеро (абс. отм. 166 м), расположенном в 15 км севернее, была получена датировка 13575 ± 625 кал. лет назад (Wohlfarth et al., 2002). Возраст начала накопления органогенных отложений в озере Душевном (Т.6), расположенном на отметке 148 м — 9675 ± 240 кал. лет назад. Такой диапазон дат с учетом пространственного расположения объектов исследования позволяет предположить поэтапное развитие водоемов, которое, по-видимому, контролировалось постепенным таянием крупных массивов мертвого льда. Анализируя карту цифровой модели рельефа, можно отметить, что восточная часть участка отделена от западной значительным протяженным в субмеридиональном направлении понижением в рельефе. Вполне вероятно, что во время таяния льда здесь существовал мелководный водоем, в который вместе с тальми водами в пульсирующем режиме поступали песчаные и песчано-гравийные осадки. Это подтверждается строением и составом отложений в Т.7. В то же время, на более высоких отметках (Т.8, 9, 10), вероятно, формировались камовые холмы, а погребенные почвы могут свидетельствовать о поэтапном их развитии и таянии погребенных льдов.

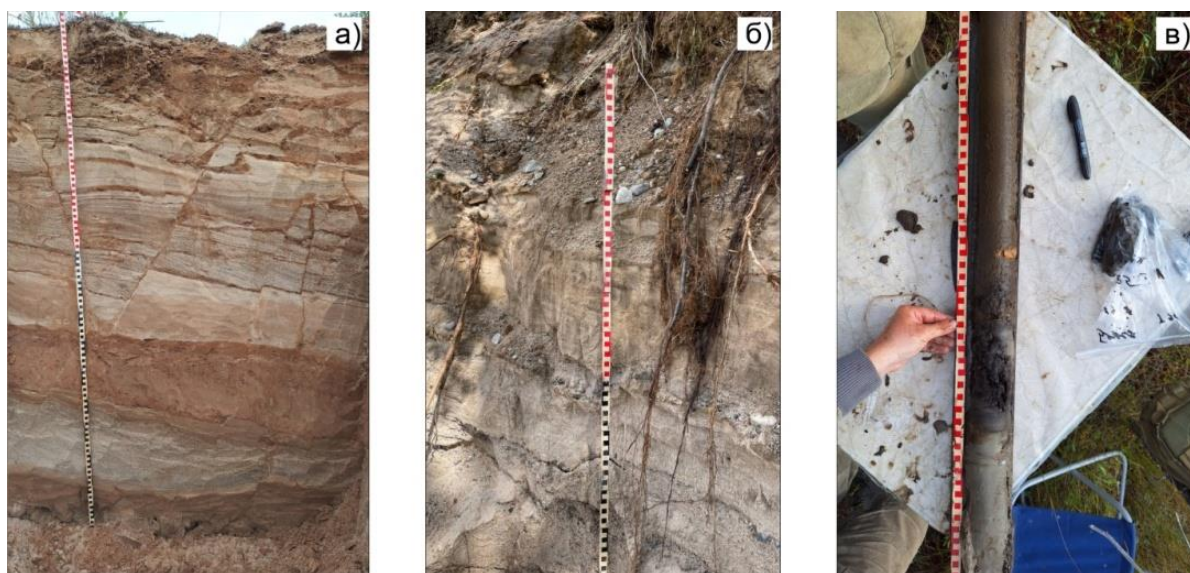


Рис. 2. Фотографии обследованных точек: (а) – дислокации верхней части разреза в Т.1, (б) – толща переслаивающихся озёрных и флювиогляциальных песков в Т.7, (в) – буровая колонка, включающая слой погребённых палеопочв в Т.10.

В результате первичного анализа полевых данных, полученных в зоне Крестецкой ледниковой стадии, установлен достаточно неоднородный и разнообразный состав четвертичных отложений, слагающих холмы, гряды и понижения между ними. Установлено, что после отступления основного края ледника в перигляциальной зоне эпизодически протекали процессы, связанные со стоком талых вод. Это отразилось на составе отложений в понижениях, где ярко выраженные «озерные» осадки чередуются с флювиогляциальными. Погребенные почвы в водоеме, находящемся в области камового рельефа, могут отражать неоднократное подтопление котловин и постепенное таяние ледниковых масс.

Финансирование: Исследование проведено в рамках темы НИР Института геологии КарНЦ РАН (No FMEN-2023-0008).

Литература

- Демидов И.Н. Этапы формирования и особенности локализации полезных ископаемых Карелии в четвертичном периоде // Геология и полезные ископаемые Карелии. 1998. № 1. С. 137–143.
- Демидов И.Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2005. № 8. С. 134–142.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000: третье поколение: серия Балтийская: лист Р-37 – Плесецк: объяснительная записка / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию, ФГБУ «ВСЕГЕИ». Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2022.
- Лаврова Н.Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2005. № 8. С. 143–148.
- Ekman I., Iljin V. Deglaciation, the Younger Dryas end moraines and their correlation in the Karelian A.S.S.R. and adjacent areas // Eastern Fennoscandian Younger Dryas Moraines: Field Conference North Karelia, Finland, and Karelian A.S.S.R. / ed. by H. Rainio, M. Saarnisto. Geological Survey of Finland, 1991. P. 73–101.
- Wohlfarth B., Filimonova L., Bennike O., Björkman L., Brunnberg L., Lavrova N., Demidov I., Possnert G. Late-glacial and early Holocene environmental and climatic change at Lake Tambichozero, southeastern Russian Karelia / B. Wohlfarth, // Quaternary Research. 2002. Vol. 58. No. 3. P. 261–272.

STUDYING THE FEATURES OF QUATERNARY DEPOSITS IN THE KRESTETSKY GLACIATION ZONE: FIRST DATA FOR THE PUDOZHISKY DISTRICT, KARELIA

Ryazantsev P.A., Rodionov G.N., Tsvetkov M.O.

Abstract. The paper presents the first results of a study of Quaternary deposits in the southeastern Pudozhsky District of Karelia, within the marginal formations of the Vepsovo-Krestetsky stage of the late Valdai glaciation. A comprehensive analysis of a digital elevation model, ground-penetrating radar data, field geological routes, and radiocarbon dating of bottom sediments was conducted, revealing a number of structural features of the Quaternary deposits in the area. Factors were identified that indicate the influence of individual episodes of melting of dead ice and permafrost on the formation of the modern appearance of the study area.

УДК: 551.7.03:(551.79+551.89)

АКТУАЛИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ УНИФИЦИРОВАННОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА И СЕВЕРО-ЗАПАДА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Л. Р. Семенова¹, А. Е. Кротова-Путинцева¹, А. Н. Суворова^{1,2}

¹Всероссийский геологический научно-исследовательский институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
ljudmilasemenova@mail.ru; avacha2001@rambler.ru; plinkol@yandex.ru

Аннотация. Предложены основные направления актуализации региональной унифицированной стратиграфической схемы четвертичных отложений Севера и Северо-Запада Восточно-Европейской платформы, которая была утверждена в 1984 г. и уточнена в

2002 г. Перечислены некоторые из актуальных вопросов по стратиграфии квартера Севера и Северо-Запада. Детально рассмотрен вопрос о выделении стратотипа голоценового горизонта и его подгоризонтов.

Ключевые слова: региональная стратиграфическая схема, Север и Северо-Запад Восточно-Европейской платформы, голоцен, ОСШ квартера, государственное геологическое картирование

Детальностью и достоверностью стратиграфической основы региональных стратиграфических схем определяется качество геологических карт четвертичных образований. Последняя является конечным продуктом всех стратиграфических работ. Региональная унифицированная стратиграфическая схема четвертичных отложений Севера и Северо-Запада Восточно-Европейской платформы была утверждена в 1984 г. (Решение..., 1986) и уточнена в 2002 г. (Постановления..., 2002).

Актуализация стратиграфической схемы Севера и Северо-Запада должна проводиться в следующих направлениях:

I Адаптация региональной стратиграфической схемы к новой ОСШ квартера. В последние годы появился новый стратиграфический материал не только по Северу и Северо-Западу Восточно-Европейской платформы, но и по ОСШ квартера России (Стратиграфический..., 2019), с которой коррелируются все региональные стратиграфические схемы России при составлении карт четвертичных образований в комплексах Госгеолкарты-200 второго издания, Госгеолкарты-1000 третьего поколения и Мониторинге-1000. Эти изменения – понижение границы квартера до 2,6 млн лет (2012), изменение числа ступеней в нижнем и среднем звеньях (2008), появление стандартной изотопно-кислородной шкалы с морскими изотопными стадиями и общей магнитостратиграфической шкалы полярности четвертичной системы.

II Использование результатов государственного геологического картирования масштаба 1:200 000, 1:1000 000 и опубликованных материалов. Начиная с 1994 г. и по сегодняшний день на территорию действия стратиграфической схемы были изданы или подготовлены к изданию более 50 комплектов Госгеолкарты-200 второго издания, включающие и карту четвертичных образований. На основе полученных результатов были составлены или обновлены карты четвертичных образований, входящие в комплексы Госгеолкарты-1000 третьего поколения. В рамках Мониторинга карт геологического содержания м-ба 1:1 000 000 выполнялись работы по составлению сеймостратиграфических схем Белого моря, Российского сектора юго-восточной Балтики, Финского залива, Ладожского и Онежского озёр.

Результаты вышеперечисленных работ могут быть использованы: 1) Для актуализации региональной стратиграфической схемы Севера и Северо-Запада в части выделения горизонтов и их стратотипов. 2) Для составления блоков региональной схемы. В частности, для Калининградской области, в 1999 г. была разработана и принята сводная легенда Калининградской серии листов Госгеолкарты-200 для суши и акватории, в которой стратиграфическое расчленение дано в местных подразделениях (сериях, свитах) (Загородных и др., 2001; Семенова и др., 2025); 3) Включение стратиграфических и сеймостратиграфических схем четвертичных образований Белого моря, Баренцева моря, юго-восточной части Балтийского моря, восточной части Финского залива и озёр - Ладожского и Онежского. 4) Для совершенствования структурно-фациального районирования четвертичных образований территории Севера и Северо-Запада и его увязки с районированием серий листов государственных геологических карт этой территории.

III Выявление актуальных вопросов стратиграфии квартера территории региональной схемы. Важнейшими задачами остаются уточнение биостратиграфических, хроностратиграфических характеристик средневалдайского интерстадиала, определение стратиграфического объёма микулинского горизонта, уточнение возраста грязовецких слоев верхнеплиоцен (?) -эоплейстоценового возраста и т. д.

К таким нерешенным вопросам относится и выделение стратотипа голоценового горизонта и его стратотипа на территории Севера и Северо-Запада, а также подгоризонтов голоценового горизонта и уточнение их биостратиграфических и геохронологических границ.

Перспективным на подробное расчленение голоцена является озеро Красное, расположенное в центральной части Карельского перешейка. Мощность поздненеоплейстоценовых и голоценовых донных отложений в оз. Красное превышает 20 м (Фомичева, 2022; Фомичева и др., 2024; Суворова и др., 2025). Учитывая мощности донных отложений и скорости накопления илов, осадки оз. Красное подадут надежды для детальной реконструкции изменения климата в позднеледниковье и голоцене.

Надежными являются палеогеографические данные по озерам Медведевское и Пасторское (Субетто и др., 2002), где обнаружен тонкий прослой Ведде пепла, который образовался в результате извержения вулкана Катла, расположенного на о-ве Исландии, около 12 000 кал. л.н (Birks et al., 1996).

Детально изучены разрезы верховых болот (Никольско-Лютинское, Ширинский мох, Ламмин-Суо, Саккала, Мшинское, Суо) и озерных отложений (озера Вишневское и Лемболовское), расположенные на территории Новгородской и Ленинградской областей (Arslanov et al., 1999, 2001; Арсланов и др., 2022). Здесь получены спорово-пыльцевые комплексы всего голоцена, подтвержденные почти 300 радиоуглеродными датировками.

Помимо этого, получен полный разрез голоцена в донных отложениях Ладожского озера (Savelieva et al., 2019), что позволяет проводить региональную корреляцию спорово-пыльцевых спектров.

На западе Вологодской области в настоящее время исследуются отложения озер Молого-Шекснинской низменности – Змеиное, Згонское, Отно и Колоденское. На данный момент для отложений озер Змеиное и Згонское выполнены детальный спорово-пыльцевой анализ (СПА), датирование радиоуглеродными методами – ускорительной масс-спектрометрии и конвенциональным, а также рентгенофлуоресцентный анализ методом непрерывного сканирования кернов (РФА логгинг) и измерение магнитной восприимчивости материала (χ) (Суворова и др., 2023, 2025). По полученным результатам СПА реконструируется изменение спорово-пыльцевых комплексов с аллереда по ранний голоцен для отложений озера Згонское (Суворова и др., 2025) и весь голоцен для отложений озера Змеиное (Суворова и др., 2023), что подтверждается сериями радиоуглеродных дат (материалы не опубликованы). Это является основой для расчленения голоцена на Молого-Шекснинском междуречье и корреляции с другими районами Севера и Северо-Запада.

В результате проведения работ по актуализации региональная унифицированная стратиграфическая схема четвертичных отложений Севера и Северо-Запада Восточной Европейской платформы будет состоять из пяти разделов, размещённых слева направо:

- I. Общая стратиграфическая шкала;
- II. Региональные стратиграфические подразделения и палеонтологическая характеристика региональных стратонов;
- III. Сейсмостратиграфические подразделения (для каждой акваториальной части);
- IV. Корреляция местных стратиграфических разрезов;
- V. Стратиграфические схемы смежных регионов (Центрального и Тимано-Печоро-Вычегодского).

Литература

- Арсланов Х.А., Дергачев В.А., Максимов Ф.Е., Кудрявцев И.В. Хронология короткопериодных вариаций климата в голоцене на северо-западе России и корреляция с вариациями солнечной активности // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки, 2022, Т. 164, кн. 1, С. 135–165.
- Решение 2-го Межведомственного стратиграфического совещания по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы (Ленинград - Полтава -Москва, 1983 г.) с региональными стратиграфическими схемами / Ред. И. И. Краснов, Е. П. Заррина. Л., 1986.

- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 33 / Отв. ред. А. И. Жамойда. СПб., 2002. С. 36-37.
- Семенова Л. Р., Кротова-Путинцева А. Е., Носевич Е. С. Региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Севера и Северо-Запада Восточно-Европейской платформы – вчера, сегодня, завтра // Вестник геонаук. 2025. 12 (372), С. 14-22.
- Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное / Отв. ред. А. И. Жамойда. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.
- Суворова А.Н., Садоков Д.О., Петров А.Ю., Савельева Л.А. Изменчивость растительного покрова Молого-Шекснинской низменности в голоцене по данным изучения озера Змеиное: первые результаты // LXXVI Герценовские чтения. География: развитие науки и образования. Материалы международной научно-практической конференции, Т.1. 2023. С. 369-374.
- Суворова А.Н., Фомичева Е.Д., Савельева Л.А., Пушина З.В., Федоров Г.Б. Палеогеографическая характеристика центральной части Карельского перешейка в конце неоплейстоцена и раннем голоцене на основе изучения керн донных отложений озера Красное // Динамика экосистем в голоцене: материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием. 2025. С. 406-409.
- Суворова А.Н., Садоков Д.О., Савельева Л.А. Первые результаты изучения донных отложений озера Згонское, Молого-Шекснинская низменность // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2025. Выпуск 12, С. 489-496.
- Субетто Д.А., Вастегорд С., Сапелко Т.В., Вольфарт Б., Давыдова Н.Н. Первые находки вулканического пепла (12 000 календарных лет) в озерных отложениях на Карельском перешейке, СЗ России. // Изв. РГО. 2001. Т. 133. Вып. 3. С. 69-76.
- Фомичева Е.Д. Обстановки осадконакопления в котловине озера Красное (Карельский перешеек) в позднеледниковье и голоцене по данным геохимического анализа 24-метрового керн донных осадков // Всероссийская междисциплинарная молодежная научная конференция «Азимут ГЕОнаук - 2022», 2022, С. 410-412.
- Фомичева Е.Д., Фёдоров Г.Б., Пушина З.В., Савельева Л.А. Палеолимнологические обстановки в котловине оз. Красное (Карельский перешеек) на рубеже неоплейстоцена и голоцена по данным диатомового анализа // Морские и озёрные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время. 2024. С. 99–103.
- Arslanov Kh., Saveljeva L. A., Gey N. A., Klimanov V. A. et al. Chronology of vegetation and paleoclimatic stages of northwest Russia during the Late Glacial and Holocene // Radiocarbon. 1999. 41. P. 25-45.
- Arslanov Kh. A., Savelieva L.A., Klimanov V.A., Chernov S.B., Maksimov F.E., Tertychanaya T.V., Subetto D.A. New data on chronology of landscape-paleoclimatic stages in Northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene // Radiocarbon. 2001. Vol. 43. N 2B. P. 583.
- Birks H.H., Gulliksen S., Hafliðason H., Mangerud J., Possnert G. New radiocarbon dates for the Vedde Ash and the Saksunarvatn Ash from western Norway // Quaternary Research. 1996. Vol. 45. pp. 119-127.
- Savelieva, L.A., Andreev A.A., Gromig R., Subetto D.A., Fedorov G.B., Wennrich V., Wagner B, Melles M. 2019 (April): Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Late glacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record. Boreas, Vol. 48, pp. 349–360.

UPDATING THE REGIONAL UNIFIED STRATIGRAPHIC SCHEME OF QUATERNARY DEPOSITS OF THE NORTH AND NORTHWEST OF THE EASTERN EUROPEAN PLATFORM

Semenova L. R., Krotova-Putintseva A. Y., Suvorova A. N.

Abstract. The main directions for updating the Regional unified stratigraphic scheme of the Quaternary deposits of the North and North-West of the East European Platform, which was approved in 1984 and refined in 2002, are proposed. Some of the current issues concerning the Quaternary stratigraphy of the North and North-West are listed. The question of defining the stratotype of the Holocene horizon and its subhorizons is discussed in detail.

**СРЕДНЕВАЛДАЙСКИЙ ПЕДОГЕНЕЗ НА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЕ
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)****О.С. Хохлова¹, А.Г. Рябуха²**¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения им. В.А. Ковды РАН,
Пушино, Россия, olga_004@rambler.ru*²*Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия, annaryabukha@yandex.ru*

Аннотация. Впервые на крайнем юго-востоке Восточно-Европейской равнины в долине р. Илек (Оренбургская обл.) изучен генезис палеопочв МИС 3, а также особенности перекрывающих и подстилающих лёссов и трансформирующих эти почвы криогенных структур. Показана специфика условий средневалдайского педогенеза в регионе: периоды относительно хорошего увлажнения чередовались с достаточно засушливыми, в целом лесостепные, но контрастные по сезонам. Диагностированы две палеопочвы: палевые или Chromic Cambisols (Loamic, Gelic, Protogypsic) – верхняя, Stagnic Chromic Cambisols (Loamic, Gelistagnic) – нижняя. От начала к концу развития выделенных палеопочв прослеживается возрастание аридности климата. Почвы были преобразованы криогенезом (владимирская фаза) после завершения педогенеза.

Ключевые слова: палевые почвы, Chromic Cambisols, криогенез, лесостепь, контрастные климатические условия

На крайнем юго-востоке Восточно-Европейской равнины в пределах Оренбургской области лесово-почвенные серии (ЛПС) по возрасту охватывают практически весь квартал, прослеживаются на значительных площадях и залегают на плоских и пологовыпуклых междуречьях и поверхностях высоких речных террас в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, Общего и Предуральского Сыртов и Подуральского плато. Максимальные мощности ЛПС на Общем Сырте доходят до 45 м. По материалам изучения серии разрезов по реке Сакмаре и карьера Подгородняя Покровка, находящегося в 15 км к западу от г. Оренбурга, на р. Каргалке была проведена стратификация ЛПС Оренбургского Предуралья и корреляция с таковыми Восточно-Европейской равнины и Урала. Установлены 14 горизонтов ископаемых почв четвертичного периода, которые отличаются разной мощностью, степенью сохранности и индивидуальной морфологической выраженностью профилей. Генезис выделенных почв, так же как и лёссов, в описанном разрезе рассмотрен не был, в стратиграфической схеме даны лишь их региональные названия. Для интервала МИС 3 выделена желтинская палеопочва, а выше и ниже лёссы без названий. Нет в литературе и упоминаний о криогенных структурах в ЛПС региона. Цель исследования – на основании изучения ЛПС разреза Мамонтов яр в долине р. Илек и особенностей палеокриогенных структур в них, установления возраста отложений определить морфогенетические особенности почв и разделяющих их лёссов средневалдайского времени в регионе, реконструировать условия их формирования.

Урочище Мамонтов яр занимает высокую террасу р. Илек в 1 км выше поселка Новоодесский Акбулакского района Оренбургской области, которая представляет собой левобережный обрыв над руслом реки высотой около 10 м. Объект расположен на крайнем юго-востоке Восточно-Европейской равнины в пределах возвышенных эрозионно-денудационных пластово-ярусных равнин Подуральского плато, расчлененных реками и балками на небольшие по площади водораздельные массивы. Междуречье Урала и Илека представляет собой пологую сыртово-увалистую возвышенность, сложенную пермскими и триасовыми красноцветными отложениями на севере, юрскими и меловыми породами в его центральной части и на юге. Климат района континентальный. Средняя годовая Т составляет +4°C. Зима холодная и суровая (ср.Т_{января} -15 °С), лето – сухое и жаркое (ср.Т_{июля} +22°C).

Среднегодовое количество осадков ~350 мм. Глубина зимнего промерзания составляет 1,2-1,4 м, высота снежного покрова около 0,3 м. Продолжительность безморозного периода около 140 дней.

Объект Мамонтов яр располагается на абсолютных высотах ~125-130 м над у. м. В обрыве вскрыт разрез II (камышловской – по региональной схеме, микулинской – по схеме Центрального региона) террасы р. Илек (10-4,5 м), сверху (0,5-4,5 м) перекрытой субэзральными верхнелепестовыми лёссовидными отложениями с горизонтами погребенных почв. Аллювий II НПТ богат костями мамонтовой фауны. Находки мамонтовой мегафауны имеют четкую стратиграфическую привязку и залегают *in situ*.

В разрезе Мамонтов яр вскрыт позднепестовый лёссово-почвенный комплекс, имеющий следующее стратиграфическое строение:

1. Голоценовая почва (МИС 1), 0-90 см.
2. Лёсс I (МИС 2), 90-105 см.
3. Две средневалдайские палеопочвы (МИС 3), 105-130 и 130-240(250) см.
4. Лёсс II (МИС 4), 240(250)-372 см
5. Аллювий II надпойменной (камышловской) террасы (МИС 4), 372-442 см

Максимальная мощность отложений выделенного лёссово-почвенного комплекса составляет ~ 4,5 метра. Внимание было сосредоточено на изучении морфогенетических особенностей двух палеопочв МИС 3 и разбивающих их палеокриогенных структур, а также перекрывающих и подстилающих лёссов. На границе между двух выделенных палеопочв получена ^{14}C -дата по рассеянным карбонатам (SPb_4318) 28800 ± 750 л. н. (2σ 34664-31372 calBP).

Морфологические описания показывают, что лёсс над палеопочвами на глубине 80-90 см имеет желтовато-коричневый цвет, тяжелосуглинистый, тонкопористый, глыбисто-крупнокомковатый, бурно вскипает, много корней современных растений.

Для облика обеих почв, расположенных на глубинах 105-130 см и 130-240(250) см, характерны красно- или буровато-коричневый цвет, тяжелосуглинистый грансостав, они вместе разбиты клиньями желтовато-коричневого цвета, клинья более широкие в верхней части и с более желтым оттенком в цвете. Верхняя почва сильно окарбонатачена и загипсована, бесструктурная; нижняя – с крупно-призматической структурой, призмы распадаются на сдавленные угловато-острореберные агрегаты, имеются черные точки Fe-Mn стяжений, вскипает от HCl слабо. Материал грунтовых жил имеет вертикальную слоистость, на всем протяжении клиньев бурно вскипает.

Подстилающий лёсс, 240(250)-300 см – буровато-желтый тяжелый суглинок, тонкопористый, структура крупно-призматическая, делится на комки с d 1-2 см, далее зернистые агрегаты, вскипает фрагментарно по редким прожилкам и пятнам карбонатов, есть и Fe-Mn примазки, количество которых книзу резко увеличивается.

Микроморфологические наблюдения показывают, что верхний лёсс окарбонатачен неоднородно, фиксируется неясно выраженная слоистость с разноразмерными зёрнами силикатной основы в слоях.

В верхней почве довольно консолидированная карбонатно-глинистая масса, часто агрегированная в ооиды, разбита сетью трещин, в которых видно множество гипсовых аккумуляций. Гипс, а также хорошо заметные пятна Fe-Mn оксидов располагаются не только в порах, но и поверх карбонатной микромассы, то есть, четко видна стадийность процессов окарбонативания и последующего загипсовывания. Биогенных признаков отметить не удастся, т.к. это горизонт В/ВС верхней почвы.

В нижней почве вверху отмечаются ясные признаки сложной структурной организации. Карбонатные новообразования – кутаны, заполняющие округлые биогенные поры. Большая часть образца – это Fe-глинистая масса с чешуйчатой оптической ориентировкой, но есть и слабокарбонатные микроучастки. Часто поверх глины видны Fe-Mn пятна, изредка отмечаются обесцвеченные микрозоны. При движении вглубь почвы уменьшаются размеры зёрен первичных силикатов, становятся более выраженными Fe-Mn

стяжения, растет площадь микрозон обесцвечивания, уменьшается и затем пропадает оструктуренность.

Нижний лёсс слабо окаربоначен, преобладают микрозоны с перекрёстно-волокнутой прерывистой оптической ориентировкой Fe-глинистой массы, в которой множество обширных пятен Fe-Mn оксидов. Зерна силикатных минералов песчаного размера собраны в скопления, как отражение процесса криогенной сортировки материала в момент, когда формировался клин. На зернах есть трещины, но не на всех.

Почвенная масса внутри клина неоднородна. Наблюдаются вертикально ориентированные параллельные трещины. Кварцевые зерна имеют практически гладкую поверхность с редкими трещинами. В самой нижней части клина почвенная масса сложена агрегатами весьма разной формы и размера. Редкие карбонатные стяжения представлены осколками – перемещенные карбонаты.

Гранулометрический состав лёсса и почв стабилен и характеризуется как тяжелосуглинистый иловато-крупнопылеватый, причем процент фракций крупной пыли и ила очень близок в большей части слоев изученной толщи. Наиболее глинистый и опесчаненный лёсс выявлен на глубине 80-100 см, затем переходная зона на отрезке от 100 до 140 см (верхняя почва), в которой содержание фракции 1-0,25 мм еще высокое, но уже увеличивается доля крупной пыли и снижается – ила. Начиная со 140 см, содержание всех изученных фракций до нижней границы разреза постоянно, «лёссная» фракция (крупная пыль) и ил колеблются в пределах 27-31 и 23-29% соответственно. Материал внутри клина также тяжелосуглинистый, по распределению фракций практически идентичность с верхними лёссом и почвой.

Содержание *органического углерода* во всех изученных образцах разреза не превышает 0,2%. В самых нижних слоях материала клина обнаруживается около 0,15%, указывая на то, что в низ клина попадал материал верхнего горизонта почвы.

Содержание *углерода карбонатов* максимально в верхнем лёссе, 80-100 см, 1,5-1,6%, затем в горизонте верхней почвы, 100-110 см, падает до 0,4%, в толще 110-150 см составляет 1,2%, а ниже 150 см до конца разреза составляет около 0,4%. В материале клина содержание Скарб довольно стабильно и варьирует от 1,2 до 1,6%.

Содержание *SO₄ гипса* лишь на глубине 100-110 и 110-120 см составляет 8 и 5%, соответственно. Выше и ниже этих слоев это содержание не превышает 0,5%.

Величины *магнитной восприимчивости* варьируют от 25 до 50*10⁻⁸ ед. СИ. Довольно заметно повышение ее величины в толще от 140-150 см до 180-190 (200 см) – почти в два раза (с 25-30 единиц до 50) в нижней погребенной почве, которое не поддерживается таким же увеличением в материале клина.

Итак, в разрезе обнаружен педокомплекс, состоящий из двух совмещенных палеопочв, сформировавшихся в МИС 3: верхняя (моложе 29 тыс.л.) и нижняя (древнее 29 тыс.л.). В стратиграфической схеме Шкатовой в МИС 3 выделяется лишь одна палеопочва – желтинская, и из схемы непонятно, к какому именно времени внутри МИС 3 относится эта почва. Вместе с тем, в ЛПС центра Восточно-Европейской равнины описывается несколько ритмов, уровней, либо серия почв для брянского интерстадиала (МИС 3, 24-57 тыс л.н.), часто брянский интерстадиал характеризуется не отдельной почвой, а педокомплексом. Эти выводы хорошо согласуются с гренландскими интерстадиалами: на МИС 3 приходится несколько таких интерстадиалов. После формирования и перекрытия субаэральными лёссовыми отложениями почвы подверглись криогенному преобразованию и сформировались полигонально-жильные льды владимирского криогенного горизонта, связанного с максимумом валдайского криохрона (25-23 тыс. л. н.).

Полученные нами палеопедологические данные указывают на специфические, достаточно теплые физико-географические условия времени средневалдайского почвообразования на крайнем юго-востоке Восточно-Европейской равнины, когда периоды относительно хорошего увлажнения чередовались с достаточно засушливыми. Также отмечается возрастание аридности климата от начала формирования выделенных палеопочв почв к их завершающей стадии.

По данным палинологов, для интервала МИС 3 характерны лесостепные условия. Леса были смешанного типа. Доминировали березы, в качестве примесей – сосна, ель, липа, дуб, клен, ясень, вяз. В кустарниковом ярусе калина, жимолость, в подлеске – мхи, плауны, папоротники, видимо, вместе с густым травяным покровом. Степи носили больше луговой характер. Анализ флористического состава и растительности указывает на влажные и умеренные климатические условия средневалдайского интерстадиала (МИС 3).

Благодарности. Работа выполнена в рамках Госзаданий 126031118705-1 (О.С. Хохлова) и № ГР 126013016160-7 (А.Г. Рябуха)

MIDDLE VALDAI PEDOGENESIS ON THE SOUTHEASTERN EDGE OF THE EAST EUROPEAN PLAIN (ORENBURG REGION)

Khokhlova O.S., Ryabukha A.G.

Abstract. For the first time, the genesis of MIS 3 paleosols, as well as the characteristics of the overlying and underlying loesses and the cryogenic structures inside these soils, was studied in the Ilek River Valley (Orenburg Region) in the extreme southeast of the East European Plain. The specific conditions of Middle Valdai pedogenesis in the region were demonstrated: periods of relatively humid alternated with rather arid ones. Generally, it was a forest-steppe but with highly contrasting seasons within a year. Two MIS 3 soils were identified: pale yellow or Chromic Cambisols (Loamic, Gelic, Protogypsic) – the upper soil, and Stagnic Chromic Cambisols (Loamic, Gelistagnic) – the lower one. Thus, an increase in climatic aridity was observed from the beginning to the end of the formation of the identified paleosols. Cryogenesis (the Vladimir phase) transformed them after the end of pedogenesis.

Keywords: pale yellow soils, Chromic Cambisols, cryogenesis, forest-steppe, contrasting climatic conditions

УДК: 551.4+551.89+551.248.2

МОРФОТЕКТОНИКА И ПАЛЕОСЕЙСМОДЕФОРМАЦИИ СЕВЕРНОЙ ПЕРИФЕРИИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

С.В. Шварев^{1,2}, А.О. Королева^{2,1}, Н.Н. Луговой^{3,1}, А.В. Котенков^{1,3}

¹ Институт географии РАН; ² Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН;

³ Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

shvarev@igras.ru; shvarev@ifz.ru; kao@ifz.ru; lugovoy-n@yandex.ru; avkotenkov@yandex.ru

Аннотация. В северной части бассейна Онежского озера проведены специальные работы по поиску и документации следов сильных палеоземлетрясений. Работы были сосредоточены в южной части акватории Сегозера и его южного побережья, на водоразделе Сегозера и Онежского озера в долине р. Кумсы и ее притоков, в акватории и на восточных берегах Повенецкого и Заонежского заливов северной части Онежского озера. Исследования включали геолого-геоморфологическую документацию сейсмогенных деформаций в скальных породах и рыхлых отложениях, отбор проб для инструментального датирования, георадарное профилирование в акватории и на суше вкрест простирания потенциально активных разломов, батиметрическую съемку в районах геофизических работ и геодезическую привязку профилей с использованием спутникового позиционирования.

Ключевые слова: палеоземлетрясения, Восточная Фенноскандия, сейсмодеформации, георадар, сейсмогенная активизация

Введение и постановка задачи. Бассейн Онежского озера давно считается классическим проявлением (районом широкого распространения форм) тектонического рельефа. Центральная часть котловины озера сто лет назад геологом В.М. Тимофеевым была названа «демонстративным примером» чередования монолитных кражей и озер, охарактеризованных им как трещины раскола на Заонежском полуострове (Тимофеев, 1919). Позднее, эта территория стала полигоном для изучения проявлений палеоземлетрясений, где сосредоточены десятки и сотни палеосейсмодеформаций как в скальных породах, так и в рыхлых отложениях и крупнейшим из восьми районов их распространения в Карелии (Lukashov, 1995). Вторым районом сосредоточения палеосейсмогенных проявлений в бассейне Онежского озера определен участок в районе западной и восточной частей оз. Сегозеро, расположенного к северо-западу от Повенецкого залива, пространственно и структурно не связанный с первым (Lukashov, 1995).

В то же время, очевидно, что следы постледниковой тектонической активности распространены существенно шире, в том числе к востоку, где в акватории Заонежского залива на о. Мегостров был зафиксирован перекосящий береговых линий (Бискэ и др., 1971) и к северу, где по долине р. Кумса отмечалась разница высотных уровней залегания позднеледниковых озерных глин на противоположных бортах до 15-35 м (Лак, Лукашов, 1967). Здесь же, в районе оз. Кольозеро зафиксирован постледниковый сейсмообвал (Никонов и др., 2017).

Анализ цифровых моделей рельефа (FABDEM, ArcticDEM) и космических снимков высокого разрешения показывает, что структуры северной периферии Онежского озера и южной части оз. Сегозеро составляют единый ансамбль с доминированием сквозных разломов северо-западного простирания и имеющих признаки постледникового обновления. Морфолинементы имеют четкую пространственную связь с разломами кристаллического фундамента, установленными геологическими и геофизическими методами (Сыстра, 1991) и линейными проявлениями ледникового и водно-ледникового морфогенеза, в том числе озовыми грядами по долине р. Кумса (Niemela et al., 1993). Данные факты косвенно указывают на унаследованное развитие данных разломов и их реактивацию в позднеледниковье. Совокупность этих данных определила первый район и задачи исследования – поиск и документацию палеосейсмодеформаций на Сегозерско-Онежском перешейке, установление их связей с активизированными структурами фундамента и определение структурной позиции палеоземлетрясений.

Что касается восточной периферии Онежской котловины, то несмотря на ее расположение вне основных районов сосредоточения палеосейсмодеформаций (Lukashov, 1995), новые данные о постледниковом раздроблении скальных пород в результате реактивации нарушений фундамента в районе Андомского полуострова и мыса Бесов Нос (Колодяжный и др., 2016) позволили выделить здесь самостоятельный сейсмолинемент (Шварев, Никонов, 2022), по-видимому, являющийся восточным структурным ограничением южной части Онежского озера. В северной части Онежского озера фактические данные о сейсмогенных структурах до сих пор отсутствовали, несмотря на упомянутые выше деформации постледниковых террас (Бискэ и др., 1971). В то же время здесь наблюдается аналогичная картина сопряжения морфологически выраженных разломов фундамента и озовых гряд, в том числе в зоне развития комплекса оз. т.н. Челмужской косы, включающего несколько параллельных оз. северо-западного простирания, занимающих главенствующее положение, сопряженных с поперечными короткими озами северо-восточного простирания, в пересечениях образующими узловые структуры, к одной из которых относится и массив о. Мегостров. Такой пространственный рисунок и структурные соотношения указывают, помимо позднеледниковой реактивации, на выраженное мелкоблоковое строение и дифференцированные движения блоков. Эти данные определяют второй ключевой район исследований – северо-восточное побережье Онежского озера и основные задачи по

идентификации межблоковых активизированных разломов и их проявлениях в поверхностных палеосейсмогенных деформациях.

Результаты исследований.

1. Район Сегозерско-Онежского перешейка. Геолого-геоморфологическое обследование береговой зоны позволило установить прямое морфоструктурное соответствие между обновленными разрывами северо-западного простирания ($Az_{пр} 285-295^\circ$) и ориентировкой скальных мысов и грабенообразных бухт, образующих гребневидный плановый рисунок. Наблюдается устойчивое падение плоскостей обновленных разрывов к юго-западу ($Az_{пл} 205-215^\circ/60-70^\circ$) и лево-сдвиговая кинематика (рис.1а, б). Обновление разрывов проявляется в раскрытых трещинах с острыми гранями и выбивании раздробленных фрагментов вверх и вбок из трещин с заклиниванием их в этих же трещинах на расстоянии от 1-2 до 10-15 см от мест отрыва (рис.1в). Поперечные георадарные профили в пределах акватории оз. Сегозеро и в береговой зоне выявили активизированные нарушения, прослеживающиеся как в кристаллическом фундаменте, так и в перекрывающем слое рыхлых ледниковых, водно-ледниковых осадков, в том числе с заметным воздействием на озерное постледниковое осадконакопление (рис.1 г). Обновленные разломы выражены резкими уступами, ограничивающими грабенообразные впадины и ступени на их плечах с амплитудой до первых метров. В озерно-ледниковых тонкослоистых преимущественно песчаных отложениях задрового типа по южному обрамлению оз. Сегозеро обнаружены нарушения в виде складок, флексур, постседиментационного волнообразного смятия, связанного, по всей видимости, с субаквальными гравитационными смещениями, вызванного сейсмическими сотрясениями. В южной части района, по долине р. Кумса на северном борту установлено широкое распространение сейсмогравитационных образований в виде крупноглыбовых обвалов, расщелений с отодвиганием от массива крупных блоков/плит толщиной до первых метров и высотой и шириной до первых десятков метров. В некоторых случаях отмечено выбивание нижних плит из-под верхней части скального уступа вдоль его простирания в восточном направлении с дальностью перемещения до 1-1.5 м в результате чего образованы полости-пещеры с просевшей кровлей из нависающих, но заклиненных верхних частей уступа. Такая ситуация свидетельствует о существенной горизонтальной составляющей смещений по Кумсинскому разлому, по всей вероятности, право-сдвиговой кинематики.

2. Район западного побережья Повенецкого залива. Георадарное профилирование вкрест простирания озовых гряд (Западной Челмужской косы северо-западного простирания, параллельного ей оза по оси Повенецкого залива, поперечных аккумулятивных образований северо-восточного простирания) во всех случаях выявило наличие разрывных нарушений, сопряженных со структурой этих образований. В поперечном аккумулятивном массиве Восточной Челмужской косы к югу от устья р. Челмужа выявлена серия разновозрастных разрывов, нарушающих структуру аккумулятивного образования, а на его западном замыкании установлены фланговые нарушения сбросового типа, отделяющие массив от соседних котловин с амплитудой в первые метры. Наземная верификация геофизических данных на южном ограничении Восточной Челмужской косы выявила зону разрыва сбросового типа, нарушающего слоистую песчаную толщу с $Az_{пл} 125-150^\circ/50-55^\circ$ по которому зафиксированы смещения с амплитудой 0.2 м (по одной из вскрытых ветвей). Верификация визуальных данных на о. Мегостров путем геодезического профилирования подтвердила выдержанный наклон абразионного террасового уровня к востоку на всем протяжении южного ограничения острова.

Выводы

1. На северной и восточной периферии Онежской впадины документально установлены следы постледниковой активизации блоково-разломной структуры в виде палеосейсмогенных деформаций в скальных образованиях и рыхлых отложениях;

2. Параметры палеосейсмодетформаций свидетельствуют о сбросово-сдвиговых смещениях по разломам с амплитудой до первых метров;

3. Установлена пространственная связь между разломами кристаллического фундамента и нарушениями в рыхлом чехле, в том числе в позднеледниковых водно-ледниковых образованиях (озовых грядах) и в постледниковых озерных осадках террас и дна котловин

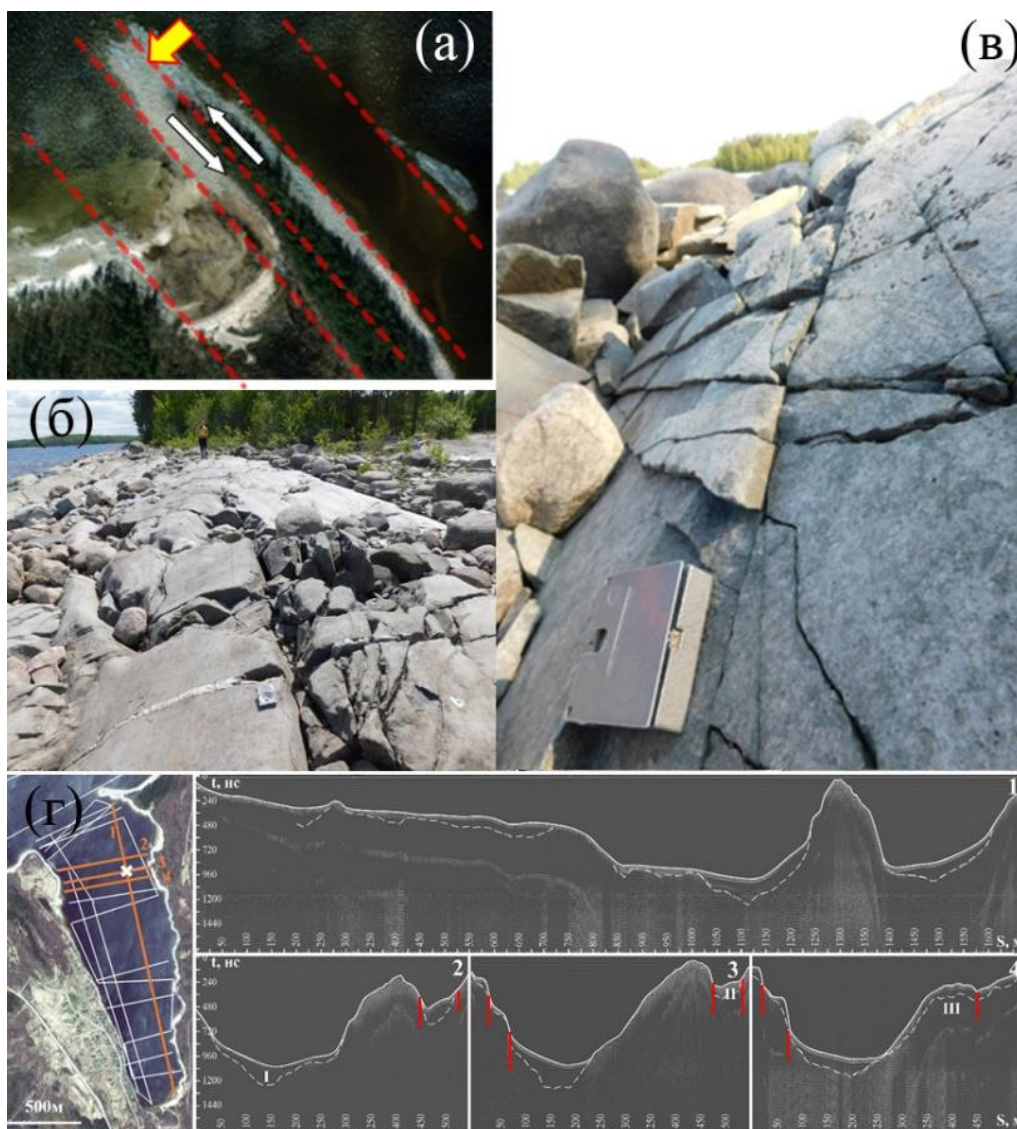


Рис.1 Проявления постледниковой тектоники на южном побережье оз. Сегозеро: а – структурно-обусловленный рельеф береговой зоны, грабенообразные заливы и проливы и горстообразные мысы и острова; б, в – раздробленный скальный мыс с нарушенной ледниковой поверхностью со следами латеральных смещений (б) и выбивания обломочного материала из зон дробления; г – георадарное профилирование в акватории залива, продольный (1) и поперечные (2-4) профили с признаками активных разрывных нарушений (красные линии на профилях).

Благодарности. Работа выполнена в рамках Госзаданий ИГ РАН, ИФЗ РАН, Географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова

Конфликт интересов отсутствует

Литература

Бискэ Г.С., Лак Г.Ц., Лукашов А.Д., Горюнова Н.Н., Ильин В.А. Строение и история котловины Онежского озера (Карельский филиал АН СССР, Ин-т геологии, Труды, вып.7). Петрозаводск: «Карелия», 1971. 74 с.

- Колодяжный С.Ю., Балуев А.С., Терехов Е.Н. Структура и эволюция Андомского сегмента Юго-восточной окраины Балтийского щита // Геотектоника, 2016, №4, с.48-67
- Лак Г.Ц. Лукашов А.Д. Неотектоника в зоне докембрийских разломов Южной Карелии // Тектонические движения и новейшие структуры земной коры: Материалы Совещания по проблемам неотектоники / Под ред. Н. И. Николаева. - Москва: Недра, 1967, с.198-201
- Никонов А. А., Полещук А. В., Зыков Д. С. О новейших разрывах и палеосейсмодислокациях в Онежской палеопротерозойской структуре Фенноскандинавского щита // Труды Карельского научного центра РАН № 11. 2017г. С. 3–18
- Сыстра Ю.И. Тектоника Карельского региона. СПб.: Наука, 1991. 176 с.
- Тимофеев В. М. Отчет о работах вдоль линии Мурманской железной дороги на участке Петрозаводск – Масельская // Изв. Геол. ком. Т. XXXIII, № 3, 1919. С. 279–288.
- Шварев С.В., Никонов А.А. Влияние сильных землетрясений на рельеф, отложения и гидродинамику района Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям. Отв. ред. Д.А. Субетто. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. С.218-231.
- Lukashov A. D. Paleoseismotectonics in the northern part of lake Onega (Zaonezhsky peninsula, Russian Karelia) // Geol. Survey of Finland. Nuclear Waste Disposal Research Report Yst-90. Espoo, 1995. 36 p
- Niemela, J., Ekman, I., Lukashov, A. (Eds.) 1993. Quaternary deposits of Finland and northwestern part of Russian Federation and their resources. Scale 1: 1 000 000. Geological Survey of Finland and Russian Academy of Science, Institute of Geology, Petrozavodsk

MORPHOTECTONICS AND PALEOSEISMMODEFORMATIONS OF THE NORTHERN PERIPHERY OF LAKE ONEGA

Shvarev S.V., Koroleva A.O., Lugovoy N.N., Kotenkov A.V.

Abstract. Special work has been carried out in the northern part of the Onega Lake basin to search for and document traces of strong paleoearthquakes. The work was concentrated in the southern part of the lake Segozero and its southern coast, on the lake Segozero and Onega Lake watershed in the Kumsa River valley and its tributaries, in the waters and on the eastern shores of the Povenetsky and Zaonezhsky bays of the northern part of Lake Onega. The work included geological and geomorphological documentation of seismogenic deformations in rocks and loose sediments, sampling for instrumental dating, georadar profiling in the water area and on land across potentially active faults, bathymetric surveying in areas of geophysical work, and geodetic profile mapping using satellite positioning.

Keywords: paleoearthquakes, Eastern Fennoscandia, seismodeformations, ground penetration radar, seismogenic activation