



Главный редактор А. М. Асхабов

Зам. главного редактора И. Н. Бурцев

Зам. главного редактора О. Б. Котова

Ответственный секретарь И. В. Козырева

Chief Editor A. M. Askhabov

Deputy Chief Editor I. N. Burtsev

Deputy Chief Editor O. B. Kotova

Executive Secretary I. V. Kozyreva

Редакционный совет

Л. Н. Андричева, Сыктывкар, Россия
А. И. Антошкина, Сыктывкар, Россия
Т. М. Безносова, Сыктывкар, Россия
М. А. Богдасаров, Брест, Беларусь
М. А. Т. М. Брокманс, Тронхейм, Норвегия
Д. А. Бушнев, Сыктывкар, Россия
Ю. Л. Войтеховский, Санкт-Петербург, Россия
А. Д. Гвишиани, Москва, Россия
В. А. Жемчугова, Москва, Россия
А. В. Журавлев, Сыктывкар, Россия
Д. А. Зедгенизов, Екатеринбург, Россия
В. А. Каширцев, Новосибирск, Россия
М. Комак, Любляна, Словения
С. В. Кривовичев, Санкт-Петербург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
Н. А. Мальшев, Москва, Россия
М. Мартинс, Ору-Прету, Бразилия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
П. Мянник, Таллин, Эстония
А. И. Николаев, Апатиты, Россия
Б. М. Осовецкий, Пермь, Россия
Ю. Ф. Патраков, Кемерово, Россия
И. В. Пеков, Москва, Россия
Д. В. Пономарев, Сыктывкар, Россия
Д. Ю. Пушчаровский, Москва, Россия
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
Ш. Сун, Мянъян, Китай
К. М. Соджа, Гамильтон, Нью-Йорк, США
О. В. Удоратина, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия
А. Г. Шеломенцев, Екатеринбург, Россия

Технический редактор Г. Н. Каблис

Заведующий редакцией Т. А. Некучаева

Editorial Board

L. N. Andreicheva, Syktyvkar, Russia
A. I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
T. M. Beznosova, Syktyvkar, Russia
M. A. Bogdasarov, Brest, Belarus
M. A. T. M. Broeckmans, Trondheim, Norway
D. A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yu. L. Voytekhovskiy, St. Petersburg, Russia
A. D. Gvishiani, Moscow, Russia
V. A. Zhemchugova, Moscow, Russia
A. V. Zhuravlev, Syktyvkar, Russia
D. A. Zedgenizov, Yekaterinburg, Russia
V. A. Kashirtcev, Novosibirsk, Russia
M. Komac, Ljubljana, Slovenia
S. V. Krivovichev, St. Petersburg, Russia
S. K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
N. A. Malyshev, Moscow, Russia
M. Martins, Ouro Preto, Brazil
T. P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
P. Männik, Tallinn, Estonia
A. I. Nikolaev, Apatity, Russia
B. V. Osovetsky, Perm, Russia
Yu. F. Patrakov, Kemerovo, Russia
I. V. Pekov, Moscow, Russia
D. V. Ponomarev, Syktyvkar, Russia
D. Yu. Pushcharovsky, Moscow, Russia
A. M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Sh. Sun, Mianyang, China
C. M. Soja, Hamilton, NY, USA
O. V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
M. A. Fedonkin, Moscow, Russia
A. G. Shelomentsev, Yekaterinburg, Russia

Technical Editor G. N. Kablis

Managing Editor T. A. Nekuchaeva

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит ежемесячно. Основан в 1995 году
академиком Н. П. Юшкиным.

Предыдущее название:

Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ журнала (2023) – 0.462



SCIENTIFIC JOURNAL

Monthly issued. Founded in 1995
by Academician N. P. Yushkin.

Former title:

Vestnik of Institute of Geology of Komi SC UB RAS

Two-year RSCI
impact factor (2023) – 0.462

Содержание

Content

Геохимия органического вещества торфов четвертичных отложений долины р. Сейды (северо-восток Печорской низменности) <i>Н. С. Бурдельная, Т. И. Марченко-Ваганова, Д. А. Бушнев</i> 3	Organic matter geochemistry of Quaternary sediments of the Seyda River valley (northeast of the Pechora Lowland) <i>N. S. Burdelnaya, T. I. Marchenko-Vaganova, D. A. Bushnev</i> 3
Региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы: вчера, сегодня, завтра <i>Л. Р. Семенова, А. Е. Кротова-Путинцева, Е. С. Носевич</i> 14	Regional stratigraphic scheme of Quaternary deposits of the north and northwest of the Eastern European platform: yesterday, today and tomorrow <i>L. R. Semenova, A. Y. Krotova-Putintseva, E. S. Nosevich</i> 14
Финальный этап лёссовоаккумуляции в гляциальной области последнего оледенения (северо-запад Русской равнины) <i>А. В. Русаков, А. А. Леонтьев, А. О. Макеев, Н. В. Мокиевский</i> 23	Final stage of loess accumulation in the glacial zone of the last glaciation (northwestern Russian Plain) <i>A. V. Rusakov, A. A. Leontev, A. O. Makeev, N. V. Mokievsky</i> 23
Палеоантракологический анализ в исследовании позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики <i>Л. И. Лазукова, К. Г. Филиппова, О. А. Дружинина</i> 31	Paleoanthracological analysis in the study of Late Glacial vegetation of the South-Eastern Baltic <i>L. I. Lazukova, K. G. Filippova, O. A. Druzhinina</i> 31
Новые данные по морфологии малых озёр Заонежского полуострова (Онежское озеро, Карелия) <i>М. С. Потахин, А. В. Орлов, Д. А. Субетто</i> 37	New data on morphology of small lakes of the Zaonezhskiy Peninsula (Lake Onego, Karelia) <i>M. S. Potakhin, A. V. Orlov, D. A. Subetto</i> 37
Новые данные о взаимодействии людей мезолита с окружающей средой (Юго-Восточная Прибалтика) <i>А. А. Бурко, И. Н. Сходнов, Л. И. Лазукова, О. А. Дружинина</i> 46	New data on Mesolithic people interaction with environment (South-Eastern Baltic region) <i>A. A. Burko, I. N. Skhodnov, L. I. Lazukova, O. A. Druzhinina</i> 46

Хроника, события, факты

Chronicle, events, facts

Указатель материалов, опубликованных в <i>Вестнике гео наук</i> в 2025 г. 53	Index of publications in <i>Vestnik of Geosciences</i> in 2025 53
Авторский указатель 55	Author Index 55

Правила
оформления
статей



Vestnik
article
Formatting



Геохимия органического вещества торфов четвертичных отложений долины р. Сейды (северо-восток Печорской низменности)

Н. С. Бурдельная, Т. И. Марченко-Вагапова, Д. А. Бушнев

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
burdelnaya@geo.komisc.ru

Исследован углеводородный состав экстрактов и продукты пиролиза торфов родионового возраста из межледниковых отложений бассейна реки Сейды. Для изучения углеводородного состава экстракт торфа был разделён на насыщенную и ароматические фракции, состав которых исследован методом хромато-масс-спектрометрии. Методом пиролической хромато-масс-спектрометрии исследовано органическое вещество торфа. Распределение *n*-алканов в составе экстрактов торфов, высокие показатели P_{wax} и низкие P_{aq} указывают на существенный вклад древесной растительности в пределах изученного торфяного разреза. Согласно палинологическим данным, широкое распространение в этот период имели лиственные – берёза *Betula* sp., а также хвойные деревья – сосна *Pinus sylvestris* и ель *Picea* sp. В составе ароматической фракции были идентифицированы производные тритерпеноидов высших растений с олеанановым и урсановым типом углеродного скелета, являющихся маркерами покрытосеменных растений. На основании их распределения установлено, что состав растительности был однотипным, наблюдаемые изменения в соотношении компонентов обусловлены изменениями соотношения того или иного вида растений, что, вероятнее всего, обусловлено изменением климатических условий.

В составе продуктов пиролиза присутствуют фенольные производные гваяцильного ряда, рассматриваемые как биомаркеры лигнина голосеменных растений, что подтверждает наличие хвойной растительности в составе торфа.

Обнаружение *n*-алкенов в составе экстрактов торфов может указывать на присутствие лишайников, а наличие диплоптена может свидетельствовать об участии сфагнума в процессе торфообразования.

Данные о составе углеводородов экстракта и продукты пиролиза органического вещества торфа подтверждают палинологические данные о присутствии в составе торфа пыльцы хвойных и лиственных пород.

Ключевые слова: углеводороды-биомаркеры, торф, *n*-алканы в торфе, продукты пиролиза торфа, фенолы гваяцильного ряда, ароматические тритерпеноиды

Organic matter geochemistry of Quaternary sediments of the Seyda River valley (northeast of the Pechora Lowland)

N. S. Burdelnaya, T. I. Marchenko-Vagapova, D. A. Bushnev

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktывkar, Russia

The hydrocarbon composition of extracts and pyrolysis products of peat from interglacial deposits of the Seida River basin, 200 ± 30 thousand years old, have been studied. To study the hydrocarbon composition, the peat extract is separated into saturated and aromatic fractions, the composition of which is analyzed by gas chromatography-mass spectrometry. The organic matter of the peat is analyzed by pyrolytic gas chromatography-mass spectrometry. The distribution of *n*-alkanes in the peat extracts, high P_{wax} and low P_{aq} values, indicate a high contribution of woody vegetation within the studied peat section. According to palynological data, deciduous trees (*Betula* sp.), as well as conifers (*Pinus sylvestris* and *Picea* sp.), were widespread during this period. Triterpenoid derivatives of higher plants with oleanane and ursane carbon skeletons, markers of angiosperms, are identified in the aromatic fraction. Based on their distribution, it is established that the vegetation composition was uniform; the observed changes in component ratios are conditioned by changes in the proportions of different plant species, most likely by changing climatic conditions.

The pyrolysis products contain phenolic derivatives of the guaiacyl series, considered biomarkers of gymnosperm lignin, confirming the presence of coniferous vegetation in the peat.

The detection of *n*-alkenes in peat extracts may indicate the presence of lichens, and the presence of diploptene may indicate the involvement of sphagnum in peat formation.

Data on the hydrocarbon composition of the extract and the pyrolysis products of peat organic matter support palynological data indicating the presence of coniferous and deciduous pollen in the peat.

Keywords: biomarker-hydrocarbons, peat, *n*-alkanes in peat, peat pyrolysis products, guaiacyl phenols, aromatic triterpenoids

Для цитирования: Бурдельная Н. С., Марченко-Вагапова Т. И., Бушнев Д. А. Геохимия органического вещества торфов четвертичных отложений долины р. Сейды (северо-восток Печорской низменности) // Вестник геонаук. 2025. 12 (372). С. 3–13. DOI: 10.19110/geov.2025.12.1

For citation: Burdelnaya N. S., Marchenko-Vagapova T. I., Bushnev D. A. Organic matter geochemistry of Quaternary sediments of the Seyda River valley (northeast of the Pechora Lowland), 2025, 12 (372), pp. 3–13, DOI: 10.19110/geov.2025.12.1

Введение

Четвертичные отложения широко распространены в северо-восточной части Печорской низменности. Наиболее хорошо они представлены в верхнем течении р. Сейды, здесь их мощность составляет 100–120 м (Марченко-Вагапова, 2022).

Изучение литологического строения береговых разрезов в долине реки показало, что отложения представлены преимущественно валунными суглинками и разделяющими и перекрывающими их озёрно-болотными образованиями (Исаков, Воробьев, 2021). Нижний горизонт ледниковых образований датируется печорским временем, а верхний — вычегодским. В бассейне реки Сейды изучены межледниковые древние торфяники, которые на основании данных уран-ториевого метода имеют возраст 200 ± 30 тыс. лет, что свидетельствует о времени их образования — радиониевском периоде (Астахов и др., 2007). По результатам палинологического анализа реконструированы палеогеографические условия их накопления (Марченко-Вагапова, 2022). Выделенные фазы изменения растительности соответствуют критериям, полученным Д. А. Дурягиной и Л. А. Коноваленко (1993) для отложений этого возраста на Северо-Востоке России.

Органическое вещество торфяников используется в качестве косвенного индикатора климатических и экологических условий в период их накопления. Торфяные отложения содержат высокую долю органического вещества, определяемую типом исходной растительности, факторами окружающей среды (например, температурой и pH), а также диагенетическими процессами, что, в свою очередь, имеет важное значение в изучении накопления углерода в природной обстановке.

Изучение углеводородного состава торфов в значительной степени способствует установлению вклада торфообразующих растений и условий его формирования (Inglis et al., 2015). Сам состав и распространенность углеводородных биомаркеров в торфяной толще определяются восками растений, которые характеризуются относительной устойчивостью к разложению (Zhang et al., 2022). Наиболее распространёнными углеводородными биомаркерами являются длинноцепочечные *n*-алканы, содержащиеся в органическом веществе торфа в значимых концентрациях (Naafs et al., 2019). Их молекулярно-массовое распределение, соотношение отдельных *n*-алканов, например C_{25}/C_{31} , Paq , $Pwax$, а также средняя длина цепи могут использоваться как специфические показатели исходной растительности, гидрологических, а также климатических условий. Тем не менее не всегда однозначно можно определить вклад конкретного вида растений, что может быть связано с близким составом *n*-алканов или разной концентрацией многих видов растений. В этой связи необходимо опираться на данные состава макрофоссилий, а также использовать комплекс параметров на основе биомаркеров органического вещества торфов.

Целью настоящей работы является сопоставление результатов геохимического исследования органического вещества, полученных на основе изучения изменения состава биомаркеров по разрезу торфяника из обнажения четвертичных отложений Сейда-3 (СД-3), и ранее полученных данных по разрезу на основе палинологического метода (Марченко-Вагапова, 2022).

Материалы и методы исследования

Обн. СД-3 протяженностью 600 м расположено на левом берегу р. Сейды, в 1.7 км выше по течению устья руч. Тыня-Силова-Шор.

Описание разреза снизу вверх:

1. Валунный суглинок сизый, плотный. Мощность около 4.2 м.
2. Глина ленточная буро-сизая. Мощность 0.35 м.
3. Глина черная с пятнами и затеками ожелезнения. Мощность 0.15 м.
4. Торф коричневатобурый с шоколадным оттенком, плотный. Мощность 0.7 м.
5. Суглинок светло-сизый с прослоями средне- и крупнозернистого песка. Мощность 0.4 м.
6. Глина светло-сизая вязкая влажная, с пятнами и затеками ожелезнения, неслоистая. Мощность 0.4 м.
7. Супесь светло-коричневая. Мощность 1.15 м.
8. Валунный сизый суглинок плотный. Мощность 7.5 м.

Для геохимических исследований отобраны образцы в интервале 4.8 до 5.55 м торфяной толщи (рис. 1). Всего было изучено 16 образцов. Детальная методика выделения хлороформенного экстракта и последующего фракционирования представлена в работе (Бурдельная и др., 2022). Полученные из экстракта фракции — алифатическая и ароматическая — анализировались методами газовой хроматографии (ГХ) и хромато-масс-спектрометрии (ХМС), ароматической — методом ХМС.

ГХ-анализ выполнялся на приборе «Кристалл-2000М». Колонка HP-5, 30 м × 0.25 мм, толщина слоя неподвижной фазы 0.25 мкм. Температура программировалась от 110 до 300 °С со скоростью 5 °С/мин. Температура инжектора и детектора 300 °С.

ХМС-анализ выполнялся на приборе Shimadzu QP2010 Ultra. Колонка HP-5, 30 м × 0.25 мм, толщина слоя неподвижной фазы 0.1 мкм. Температура программировалась от 110 до 300 °С со скоростью 5 °С/мин. Температура инжектора 300 °С, интерфейса — 250 °С, ионного источника — 200 °С.

Содержание органического углерода в торфе определялось на приборе «Метавак CS-30».

Пиролитическая хромато-масс-спектрометрия (Пир-ГХ/МС) торфов осуществлялась на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл-5000» с масс-селективным детектором (МСД) и блоком пиролиза («Хроматэк»). Для удаления сорбированных компонентов проба предварительно была прогрета в режиме термодесорбции при 300 °С (3 мин). Пиролиз торфов осуществлялся при 650 °С (30 с). Для концентрирования низкомолекулярных продуктов пиролиза применялась криоловушка (–40 °С, охлаждение CO_2). Хроматографическое разделение продуктов десорбции и пиролиза выполнялось на капиллярной колонке Rxi-5ms (5%-фенил, 95%- метилполисилоксан; 30 м × 0.25 мм × 0.25 мкм). Температура термостата колонки программировалась от 0 до 300 °С со скоростью 5 °С/мин. Температура инжектора 300 °С, интерфейса — 250 °С, ионного источника — 200 °С. Деление потока составляло 1:50. Идентификация продуктов пиролиза осуществлялась с использованием библиотеки NIST2020, а также — при сопоставлении времён удерживания и порядка элюирования соединений — по литературным данным.



Результаты и их обсуждение

Результаты палинологического анализа

Краткие результаты изучения межморенных отложений среднего неоплейстоцена палинологическим методом представлены ниже. Более детальный вариант был дан ранее в работе Т. И. Марченко-Вагаповой (2022).

На основе полученных данных анализа была прослежена закономерная последовательность изменения палеогеографических обстановок.

Условия начала межледниковья (комплекс I, инт. глубин 4.2–4.55 м) характеризуются распространением тундровой и лесотундровой растительности. В составе древесной растительности в большом количестве встречены кустарниковая и кустарничковая березы, в травянистом покрове преобладает полынь. Среди споровых растений превалируют сфагновые мхи (в среднем 11 %). Климат холодный.

Дальнейшее потепление (комплекс II, инт. глубин 4.55–4.8 м и комплекс III, инт. глубин 4.85–5.2 м) привело к формированию хвойных таежных лесов. В их составе основную роль играли сосна и ель. Значительно участие древовидной березы. В группе споровых растений сфагновые мхи составляют около 24 %.

Последовавшее похолодание (комплекс IV, инт. глубин 5.25–5.55 м) привело к сокращению роли лесов и распространению лесотундры, на что указывает значительное возрастание доли кустарниковой березы. Участие *Sphagnum* sp. возрастает до 31 %.

Улучшение климата (комплекс V, инт. глубин 5.6–6 м) способствовало распространению хвойных еловых лесов, в составе которых также присутствовали сосна и древовидная береза. Участие сфагновых мхов снижается до 15 %.

Наступившее похолодание (комплекс VI, инт. глубин 6.05–6.5 м) вызвало деградацию лесной и развитие тундровой и лесотундровой растительности. Участие сфагновых мхов составляет в среднем 7.3 %.

Содержание органического углерода в торфе

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в торфе по профилю изменяется от 7.43 до 19.39 % (рис. 1). Значения $C_{орг}$ четко определяют выделенные по палинологическим данным комплексы. Для самого нижнего горизонта, соответствующего интервалу, где практически завершается комплекс II (образцы СП-21, СП-22), характерны самые низкие концентрации углерода, далее почти в течение всего периода выделенного комплекса III содержание углерода соответствует наиболее высоким значениям, незначительно снижаясь к концу данного интервала. Это время, как указывалось выше, соответствует широкому развитию хвойных лесов с высоким участием древовидной березы. Вероятно, дальнейшее похолодание сказалось на сокращении роли лесов, вместе с тем характерно возрастание доли кустарниковой березы. К концу данного периода и следующего интервала, соответствующего комплексу IV, происходит снижение значений $C_{орг}$. Далее снова происходит потепление, содержание $C_{орг}$ здесь соответствует наибольшим значениям.

Распределение *n*-алканов

Различные торфообразующие растения формируют характерное распределение высокомолекулярных *n*-алканов (Andersson et al., 2011). Длина цепи, как правило, варьирует от C_{19} до C_{33} и выше с преобладанием нечетных атомов углерода (Wettstein-Knowles, 2016). Это связано с наличием высокого содержания высокомолекулярных липидов, входящих в состав эпоксидных восков, которые локализуются на поверхности листьев (Eglinton, Hamilton, 1967). Они представляют собой разнообразную смесь алифатических соединений, тритерпеноидов, флавоноидов и/или фенольных липидов — алкилрезорцинов (Wettstein-Knowles, 2016). Высшие растения синтезируют длинноцепочечные нечетные *n*-алканы с 25–37 атомами углерода, с преобладанием *n*-алканов состава от C_{29} до C_{33} (Diefendorf, Freimuth, 2017), тогда как мхи и водные макрофиты синтезируют преимущественно среднецепочечные *n*-алканы с 21–27 атомами углерода с максимумами при C_{23} и C_{25} (Nott et al., 2000). Следовательно, в торфе распределение обычно состоит из *n*-алканов C_{19} – C_{33} с высоким преобладанием гомологов с нечетным числом атомов углерода (Naafs et al., 2019). Известно, что *n*-алканы могут поступать не только из листьев, но и из других частей растений. Например, корни древесных растений также содержат высокие концентрации *n*-алканов, тем самым также могут оказывать соответствующее влияние на их распределение (Anderson et al., 2011).

Распределение *n*-алканов, полученное для экстрактов из образцов торфа, меняется при переходе от комплекса II (инт. глубин 4.55–4.8 м) к комплексу III (инт. глубин 4.85–5.2 м) и далее сохраняет свой вид по всему торфяному разрезу (рис. 1). В двух образцах (СП-21 и СП-22), относящихся к началу интервала комплекса II и концу комплекса III, среди *n*-алканов преобладают соединения состава C_{25} – C_{29} с максимальным содержанием *n*-алкана состава C_{27} . Согласно данным палинологического анализа, в этот период преобладали макрофоссилии *Betula* sp. В образцах с СП-23 по СП-36 высокие концентрации приходятся на *n*-алканы состава C_{27} – C_{31} , максимум приходится на C_{31} -гомолог. В дальнейшем вид кривой распределения по разрезу не изменяется.

Изучение состава торфяного профиля тундровой зоны, расположенной севернее, показало соответствие распределения *n*-алканов в торфе вдоль профиля с комплексами макрофоссилий (Andersson et al., 2011). В пределах изученного разреза при доминировании макрофоссилии *Betula* sp. наиболее распространённым *n*-алканом является гомолог состава C_{27} . Но там, где значительный вклад вносили корни макрофоссилии *Betula* sp., максимум в распределении *n*-алканов смещался в сторону *n*- C_{31} -алкана. Преобладание C_{27} -*n*-алкана также было зафиксировано в составе *Betula* sp., т. е. берёзы, растущей в северных регионах Финляндии и Швеции (Sachse et al., 2006).

Вместе с тем в *Betula* sp., произрастающей в южных районах Финляндии и Германии, максимум приходится на *n*-алкан состава C_{31} . Считается, что содержание длинноцепочечных *n*-алканов в листьях листовых деревьев выше, чем в хвойных растениях, а также мхах и лишайниках, что увеличивает вклад данных биомаркеров, вносимых *Betula* sp. (Pancost, 2002;

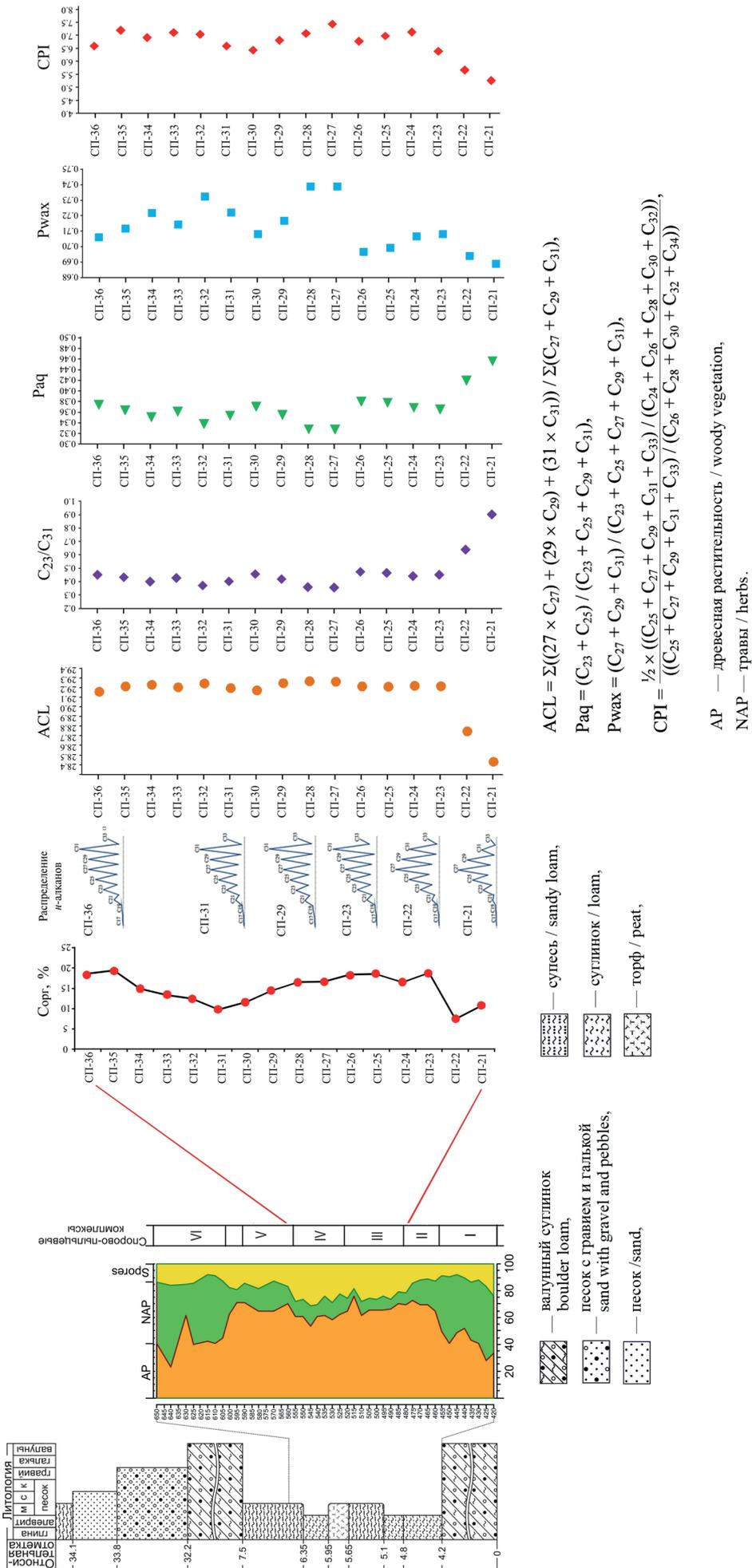


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений из обн. СД-3 (слева) и геохимические параметры торфов
 Fig. 1. Spore-pollen diagram of deposits from outcrop SD-3 (left) and geochemistry of peats



Anderson et al., 2011), поэтому высокие содержания n -алкана состава C_{27} можно связать с многочисленностью микрофоссилий берёзы *Betula* sp., в частности восков листьев, а увеличение содержания n -алкана состава C_{31} может указывать на важность привноса высших n -алканов корней макрофоссилии берёзы *Betula* sp. (Andersson et al., 2011).

Используя набор параметров, основанных на соотношении определенных n -алканов, — это показатели CPI (the Carbon Preference Index), P_{wax} и P_{aq} , характеризующие вклад наземной (высшей) растительности относительно погруженных и плавающих макрофитов, n - C_{23}/n - C_{31} , учитывающие вклад сфанговых мхов в состав торфа (Nott et al., 2000), — были рассмотрены изменения, протекающие при торфонакоплении в пределах обозначенных комплексов (рис. 1).

Во всех образцах преобладают n -алканы с нечетным числом атомов углерода, при этом индекс нечетности (CPI) изменяется по разрезу в узком интервале — от 5.3 до 7.4, что может указывать на несущественную диагенетическую преобразованность органического вещества исследуемых торфов. Органическое вещество исследуемого торфяного разреза Печорского бассейна является более гумифицированным относительно ранее изученных торфов Мезенско-Вычегодской равнины, в которых значения CPI изменяются от 12.5 до 14.8 (Бурдельная и др., 2022). С другой стороны, различия в CPI могут быть вызваны также составом различных видов исходных растений и, следовательно, изменения в растительности, например потенциально вызванные изменением в климате, могут являться решающим фактором в распределении n -алканов и, соответственно, значений CPI (Naafs et al., 2019). Так, торфы с преобладанием сфагнома характеризуются более высокими значениями CPI (от 10 до 35), а для торфов, в которых преобладает древесная покрытосеменная и злаковая растительность, значения CPI варьируют от 5 до 15 (Там же). Если рассматривать изменения CPI с глубиной разреза, то ближе к переходу к комплексу II индекс несколько снижается. Интересно отметить, что кривая CPI полностью повторяет кривую показателя P_{wax} (рис. 1), что скорее подтверждает зависимость CPI от типа растительности.

Интервал изменения значений P_{wax} варьирует от 0.69 до 0.74, P_{aq} — от 0.33 до 0.46 и указывает на преобладание высших (наземных) растений в течение всего периода торфонакопления. В пределах разреза можно наблюдать небольшое увеличение значений P_{wax} и уменьшение P_{aq} , характерное для образцов СП-27, СП-28 и СП-32, соответствующих середине комплекса III и IV соответственно, которое может свидетельствовать о возрастании вклада высших растений в торфообразование.

Значения отношения n - C_{23}/n - C_{31} изменяются от 0.36 до 0.9, при этом вариации с СП-36 до СП-23 незначительны и только для образцов СП-22 и СП-21, т. е. в нижней части торфяного разреза значение возрастает. Данное соотношение обычно используется как показатель поступления сфангового мха в современную торфообразующую среду и хорошо коррелирует с палинологическими данными (Nott et al., 2000; Inglis et al., 2015). Согласно палинологическим данным исследуемых образцов, споры, отнесенные к сфагнуму, встречаются по всему разрезу и в среднем составляют

порядка 20 % в исследуемом интервале. В целом доля, в которой споры сфагнома вносят свой вклад в кривую частоты, варьирует без какой-либо очевидной закономерности, что также отражено и на кривой отношения n - C_{23}/n - C_{31} (рис. 1).

Параметр, характеризующий среднюю длину цепи n -алканов (ACL — Average Chain Length), часто используется как один из показателей растительности и климата (Diefendorf, Freimuth, 2017):

$$ACL_{m-n} = \sum_{i=m}^n \frac{i[C_i]}{[C_i]}$$

где m — самая короткая цепь, n — самая длинная.

Для современных растений чаще всего характерна положительная корреляция между ACL и температурой (Poynter et al., 1989; Bush, McInerney, 2015), тем не менее влияние температуры на длину цепи не всегда однозначно (Diefendorf, Freimuth, 2017). Считается, что в теплых климатических условиях высшие растения начинают синтезировать соединения с более длинной n -алкильной цепью, что объясняется усилением защитных функций растений, чтобы свести к минимуму испарения воды. В глобальном масштабе на значительных различиях в ACL больше сказываются различия между видами (Diefendorf, Freimuth, 2017). В исследуемом разрезе значения ACL практически не изменяются, составляют в среднем 29.2 и лишь в образце СП-21 (начало комплекса II) при переходе от комплекса III к комплексу II снижаются до 28.4. Поскольку в пределах выделенных комплексов периодически происходили климатические изменения, связанные с потеплением, а затем похолоданием, а зависимости как таковой между ACL и переменной климата (температурой) не обнаруживается, то в данном случае, вероятнее всего, в большей степени ACL определяет тип растительности, нежели климат (Howard et al., 2018). При этом данный параметр четко коррелирует с изменениями отношения n - C_{23}/n - C_{31} , наблюдаемыми по разрезу (рис. 1).

n-алкены

Помимо n -алканов, составляющих главные компоненты алифатической фракции экстрактов торфов, были также в небольших концентрациях идентифицированы n -алкены в виде гомологического ряда состава C_{21} — C_{29} (рис. 2). Для всех образцов их распределение остаётся практически постоянным с преобладанием гомолога состава C_{27} . В образцах СП-22 и СП-21 (нижняя часть торфяного разреза) максимум смещается к гомологу состава C_{29} . Одним из вероятных источников n -алкенов могут являться лишайники, в которых их содержание может превышать концентрацию n -алканов (Ikeda et al., 2023). Предполагается, что алкены продуцируются в лишайниках водорослевым фотобионтом или в результате симбиоза с определёнными видами фотобионтов (Там же).

Анализ состава экстрактов лишайников 27 видов, собранных из разных мест Японии, показали во всех образцах наличие n -алкенов состава C_{16} — C_{29} (Там же). Их состав в существенной степени определяется таксономическим фактором, нежели местом или средой обитания (Там же). Примечательно, что доминирование n -алкенов с более низкой молекулярной массой зафиксировано авторами в лишайниках, в которых

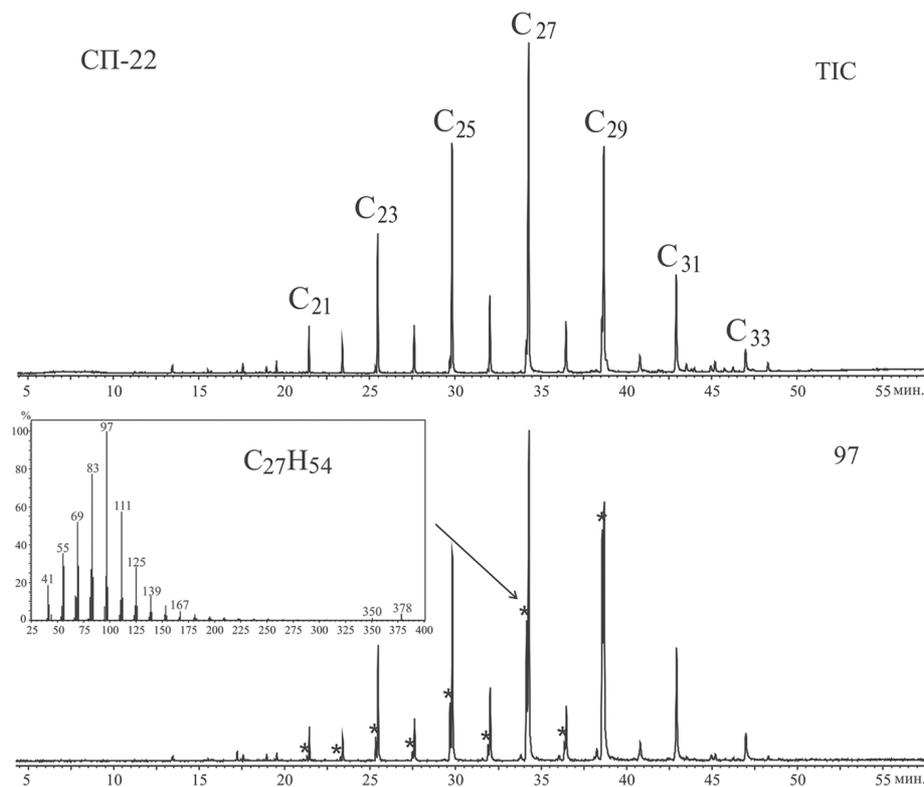


Рис. 2. Распределение *n*-алканов и *n*-алкенов (звездочки), построенное по общему ионному току (ТИС) и по иону с $m/z = 97$. Для *n*-алкена состава $C_{27}H_{54}$ (*n*-гептакозен) представлен масс-спектр

Fig. 2. Distribution of *n*-alkanes and *n*-alkenes (asterisks), built by the total ion current and the ion with $m/z = 97$. The mass spectrum is shown for the *n*-alkene of composition $C_{27}H_{54}$ (*n*-heptacosene)

фотобионтами были зелёные водоросли (максимум при C_{17}) и цианобактерии (максимум при C_{18} и C_{19}).

Распределение гопановых углеводов

В составе экстрактов исследуемых торфов в значительных концентрациях присутствуют углеводороды гопанового ряда (рис. 3).

Эти соединения являются реликтами гопаноидов, распространённых в различных средах — в почвах, морских и озёрных отложениях. Среди традиционных гопановых углеводов в составе исследуемых экстрактов присутствуют преимущественно β -формы гопанов — биогопаны. Но самое высокое содержание приходится на $\alpha\beta$ C_{31} 22 R-гомогопан, считающийся более термодинамически стабильным в геологических условиях (Peters et al., 2005). Предполагается, что его образование в торфах связано с бактериальным разложением растительного материала на самых ранних этапах диагенеза (Quirk et al., 1984). В незрелых торфах его повышенное содержание указывает на протекание реакций окисления и последующего декарбоксилирования бактериогопанполиолов, сопровождаемых эпимеризацией при $C-17$, которая катализируется в кислых условиях торфообразования (Huang et al., 2015; Naafs et al., 2019).

Более высокие значения соотношения $\alpha\beta$ C_{31} / $\beta\beta$ C_{31} (преимущественно R-изомер) обычно наблюдаются в торфах с низкими значениями pH (ниже 6) (Huang et al., 2015). В исследуемых образцах наблюдается преобладание $\alpha\beta$ C_{31} R по всему разрезу при слабом по-

вышении $\beta\beta$ C_{31} -гомогопана в образце СП-21 относительно других.

Во всех образцах содержится диплоптен (рис. 3) — гоп-22(29)-ен — ненасыщенный гопаноид с двойной связью в алкильном радикале. Его источником считаются не только бактерии, но и папоротники, а также некоторые мхи (Huang, 2010) и лишайники (Ikeda et al., 2023). Так, диплоптен был обнаружен в 4 видах мхов (*Sphagnum palustre*, *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum commune* и *Hypnum revolutum*) торфяника Дацзюху на юге Китая (Huang, 2010). Исследования сфагновых мхов из разных природно-климатических условий России показали, что в большинстве из них среди производных гопена преобладают неогоп-12-ен или неогоп-13(18)-ен (Серебренникова и др., 2019). В сфагновых мхах *S. lindbergii* и *S. fuscum* доминирует диплоптен (Там же). В пределах исследуемого разреза содержание диплоптена не сильно изменяется относительно $\alpha\beta$ C_{31} и *n*-алканов и не зависит от распределения последних. Это может свидетельствовать о равномерном распределении растительности, содержащей диплоптен, в течение всего периода торфообразования, в частности сфагнума.

Ароматические углеводороды

Основными компонентами ароматической фракции экстрактов являются ароматические тритерпеноиды — производные тритерпеноидов высших растений с олеанановым и урсановым типом углеродного скелета (рис. 4). Они входят в состав восков покрыто-

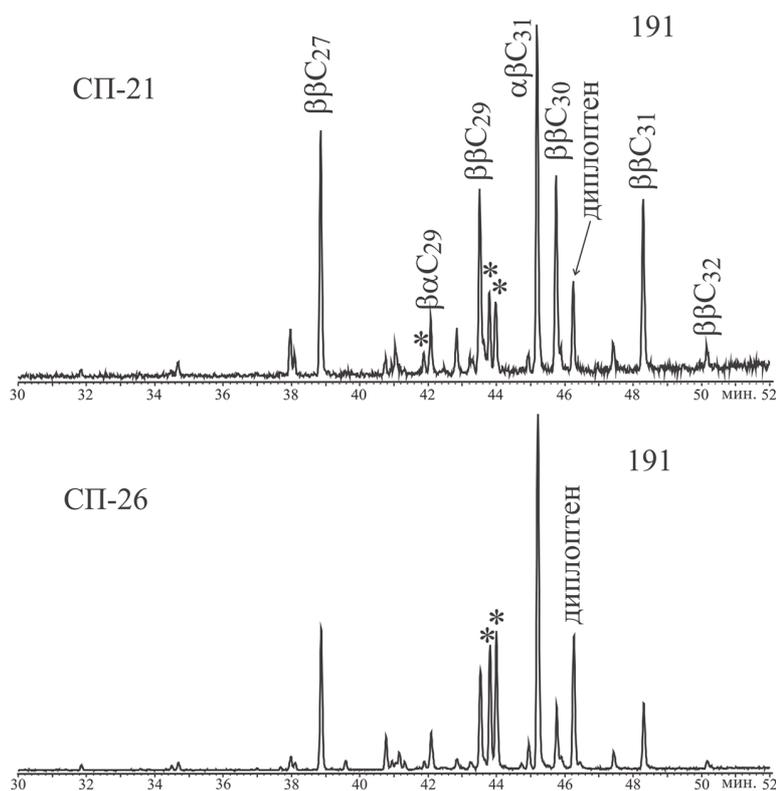


Рис. 3. Масс-хроматограмма гопановых углеводородов экстрактов торфов, построенная по 191 иону. Звёздочками отмечены C₃₀-гопены
Fig. 3. Mass chromatogram of hopane hydrocarbons in peat extracts, built using 191 ions. C₃₀ hopenes are marked with asterisks

семенных растений. Производные тритерпеноидов образуются при трансформации в осадках соединений типа бетулина, α - и β -амирина, являющихся липидными компонентами покрытосеменных. Насыщенные и мононенасыщенные производные олеонанового типа в небольших концентрациях были обнаружены в алифатической фракции экстрактов, при этом принципиальных изменений в их распределении по разрезу выявлено не было.

Анализ распределения ароматических компонентов позволил установить, что в течение всего периода торфонакопления состав растительности был однотипным и лишь в начале и в конце данного периода менялось соотношение того или иного вида растений, что, вероятнее всего, обусловлено изменением климатических условий. Для образца СП-21 содержание триароматических тритерпенов ничтожно мало относительно других образцов. По всему разрезу в экстрактах доминируют тетраароматические тритерпены (пик 8 и 9), но к концу интервала комплекса IV соотношение тетра- к триароматическим производным меняется. Ранее было показано, что микробный процесс ароматизации тритерпеноидов положительно коррелирует с изменением палеоклимата (Huang et al., 2013). В сухой и более теплый период преобладают тетраароматические тритерпены, тогда как триароматические тритерпены становятся доминирующими во влажные или холодные периоды.

Динамика изменения содержания ароматических производных тритерпенов также была изучена в составе углеводородных экстрактов осадков олиготрофного озера в северо-восточной части Бразилии, вследствие чего было установлено, что распределение и содержание ароматических производных тритерпенов сильно зависит от условий окружающей среды и от различных путей ранней диагенетической трансфор-

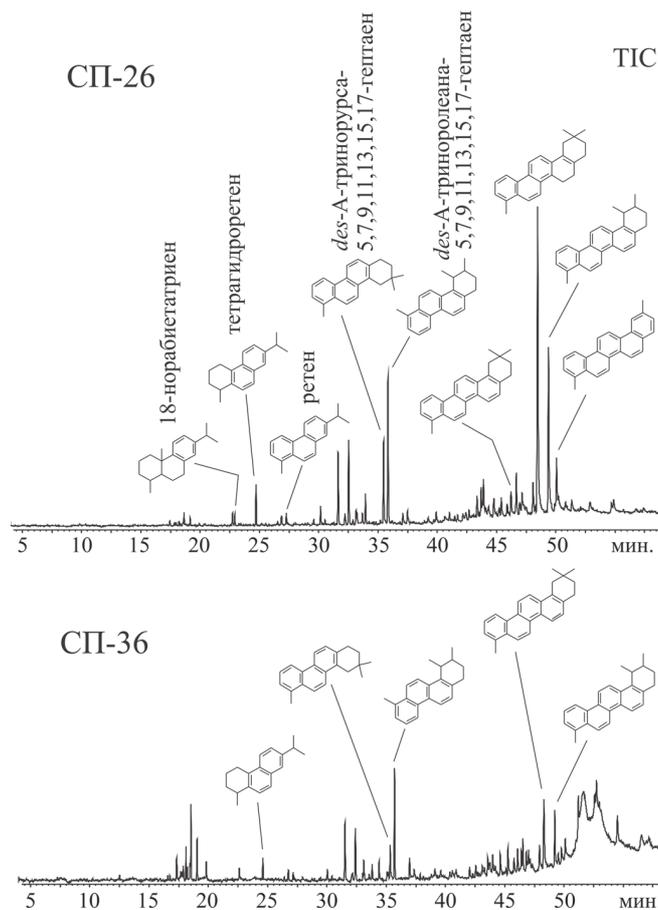


Рис. 4. Распределение ароматических производных ди- и тритерпеноидов в экстрактах торфов, построенное по общему ионному току
Fig. 4. Distribution of aromatic derivatives of di- and triterpenoids in peat extracts, built by the total ion current

мации (Jacob et al., 2007). Высокая сохранность и разнообразие таких соединений обнаруживалось в осадках, накапливавшихся при быстром захоронении и в условиях полусухого климата.

Среди дитерпеноидов во всех образцах в очень низких концентрациях обнаруживаются дитерпеноиды абietenового ряда — это 18-норабиета-8,11,13-триен, тетрагидроретен и ретен (рис. 4), являющиеся продуктами диагенетического преобразования абиеиновой кислоты, присутствующей в составе смол хвойных растений. В более «видимых» концентрациях данные компоненты фиксируются в выделенном на основании палинологических данных комплексе III. На рисунке 5 представлена хроматограмма ароматической фракции образца СП-26, где концентрации данных соединений являются наиболее высокими. В образце СП-21 эти соединения полностью отсутствуют, в комп-

лексах IV и V (образец СП-36) их содержание ничтожно. Тем не менее в алифатической фракции экстрактов, начиная с образца СП-22, четко идентифицируется их насыщенный аналог — 18-норабиетан, но и его концентрация не позволяет говорить о существенном участии хвойной растительности при образовании торфа.

Пир-ГХ/МС торфа

Анализ продуктов деструкции органического вещества торфа позволит лучше понять процессы разложения, протекающие при формировании торфяных отложений. За счёт термического разрушения наиболее крупных фрагментов образуются более простые и легко анализируемые соединения, обеспечивающие высокую специфичность химического состава органического вещества (Saiz-Jimenez, de Leeuw, 1986; Klein et al., 2021).

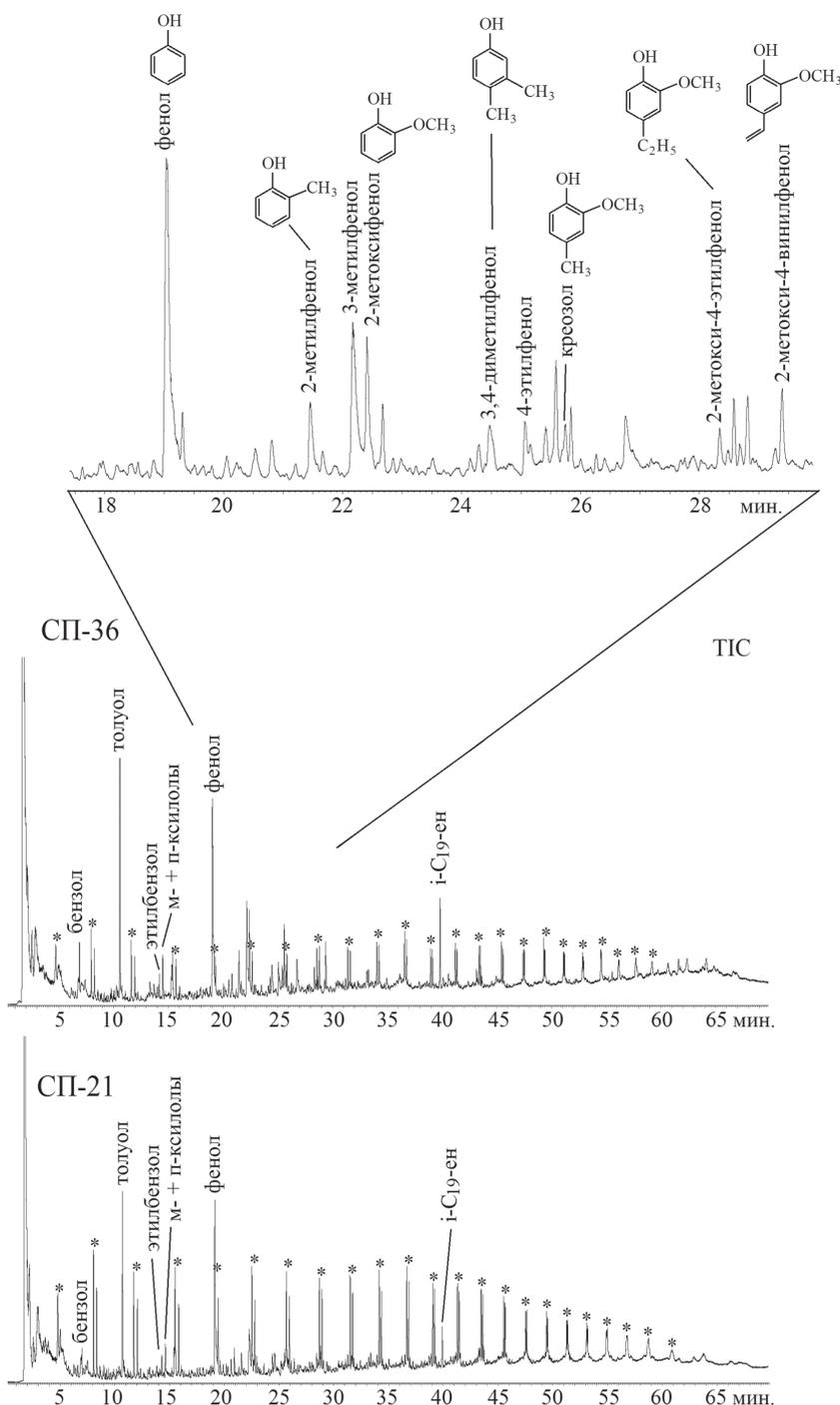


Рис. 5. Масс-хроматограммы продуктов пиролиза торфов, построенные по общему ионному току

Fig. 5. Mass chromatograms of peat pyrolysis products, built by the total ion current



Нами был проанализирован состав продуктов пиролиза трёх проб торфяного профиля, взятых с нижней (СП-21), средней (СП-26) и верхней (СП-36) частей разреза. На рисунке 5 представлены пирограммы 2-х образцов, наиболее отличающиеся по составу продуктов пиролиза.

Образец из верхней части разреза (СП-36) характеризуется более сложным составом, здесь в относительно повышенных концентрациях присутствуют фенольные соединения, толуол, ксилолы, этилбензол, а также *n*-алканы и *n*-алкены, представленные в виде гомологических рядов. Состав продуктов пиролиза образца СП-26 идентичен составу СП-36. В образце СП-21, соответствующем нижней части разреза, резко возрастает содержание *n*-алканов и *n*-алкенов, концентрация толуола и фенола также повышена, но относительно *n*-алканов их явно меньше. Такие изменения повышения содержания *n*-алканов и *n*-алкенов с глубиной разреза могут свидетельствовать об активном протекании диагенетических процессов и связаны с повышенной степенью разложения отдельных низкоустойчивых компонентов растений и сохранением более высокоустойчивых алифатических биополимеров, дающих при пиролизе *n*-алканы и *n*-алкены. Для идентификации типа растительности в профилях торфяников наиболее информативными оказываются фенольные соединения (Saiz-Jimenez, de Leeuw, 1986; Schellekens et al., 2015; Klein et al., 2021).

Фенолы являются продуктами разложения лигнина, одного из основных компонентов высших сосудистых растений, обладающего высокой химической устойчивостью к биодegradации. Состав фенольных компонентов, обнаруженных в продуктах пиролиза обоих образцов, несёт как качественные, так и количественные отличия. Вероятнее всего, состав менялся под воздействием естественных диагенетических процессов.

В продуктах пиролиза образцов СП-36 и СП-26 среди основных компонентов фенольных производных обнаруживаются фенолы гваяцильного ряда — 2-метоксифенол (гваякол), креозол (2-метокси-4-метилфенол), 2-метокси-4-этилфенол, 2-метокси-4-винилфенол. Известно, что лигнин голосеменных растений состоит преимущественно из гваяцильных структурных единиц, тогда как лигнин лиственных растений содержит как гваяцильные, так и сирингильные единицы (Klein et al., 2021).

Как показали исследования по термическому разложению различного природного сырья, рассматриваемого в качестве биотоплива, качественный и количественный состав продуктов пиролиза сосны и ели принципиально не отличается, лишь в незначительных количествах в составе пиролизата сосны присутствуют фенольные соединения сирингильного ряда, в пиролизате ели они полностью отсутствуют (Марьяндышев и др., 2021).

Обнаружение фенолов гваяцильного ряда подтверждает наличие хвойной растительности в составе исследуемого торфа. Тем не менее резкое снижение концентраций соединений фенольного ряда в составе продуктов пиролиза образца СП-21 и относительное увеличение *n*-алканов и *n*-алкенов, отражающих наличие остаточных высокоустойчивых алифатических

биополимеров в структуре органического вещества торфа, указывает на более значительное разложение торфа.

Заключение

Проведённые геохимические исследования позволили установить качественный состав экстрактов и продуктов пиролиза органического вещества торфов в разрезе бассейна реки Сейды северо-восточной части Печорской низменности и оценить его изменения в процессе торфонакопления в родиноновский период.

Методами газовой хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и пиролитической хромато-масс-спектрометрии выполнено исследование углеводородного состава экстракта и продуктов пиролиза торфов бассейна реки Сейды северо-восточной части Печорской низменности. Полученные геохимические результаты были сопоставлены с данными палинологического анализа. Установлено, что накопление и сохранение органического вещества в торфяных отложениях в значительной степени контролировалось климатическими условиями и впоследствии диагенетическими процессами, в которых протекало его преобразование. Потепление климата в арктических условиях сказывалось на росте первичной биопродукции. Значения $S_{орг}$ закономерно изменяются в пределах выделенных по палинологическим данным комплексов.

Накопление торфов протекало в кислых условиях, что подтверждается четким гопановым распределением с преобладанием $C_{31} 17\alpha, 21\beta(H)$ -гомогопана. Кислые условия, в которых накапливалось органическое вещество торфа, могли усиливать гидролиз липидов с дальнейшим переходом их в растворимые (экстрагируемые) компоненты. Основным типом растительности являлись высшие наземные растения, в которых среди *n*-алканов доминируют гомологи состава C_{27} и C_{31} . Согласно палинологическим данным, широкое распространение в этот период имели лиственные — берёза *Betula* sp., а также хвойные деревья — сосна *Pinus sylvestris* и ель *Picea* sp. Предполагается, что в распределение *n*-алканов при равном соотношении хвойной и лиственной растительности последние вносят решающий вклад, что связано с повышенной концентрацией высших *n*-алканов в составе их восков. Таким образом, можно предполагать, что высокие концентрации *n*-алканов состава C_{27} и C_{31} связаны с многочисленностью микрофоссилий *Betula* sp.

Высокое содержание гопановых углеводородов, изменения в продуктах пиролиза торфа, связанные с сохранением более устойчивых к диагенезу компонентов, наблюдаемые в нижней части торфяного разреза, свидетельствуют об усилении микробного воздействия на состав органического вещества по мере увеличения глубины.

Геохимические данные анализа торфяного профиля в целом свидетельствуют, что на протяжении всего периода торфонакопления видовой состав растений оставался одним и тем же, менялось только соотношение тех или иных видов, что отразилось на составе углеводородов-биомаркеров насыщенной и ароматической фракций экстрактов торфов и ряда показателей, основанных на *n*-алканах (CPI , ACL , $C_{27}max$, $C_{31}max$). На основании низких концентраций дитер-

пенов в составе экстрактов, относящихся к маркерам хвойной растительности, можно сделать вывод о незначительном участии последней. Тем не менее обнаруженные в продуктах пиролиза фенольные производные гваяцильного ряда, рассматриваемые как био-маркеры лигнина голосеменных растений, подтверждают наличие хвойной растительности в составе торфа.

Обнаружение *n*-алкенов в составе экстрактов торфов может указывать на присутствие лишайников, а наличие диплоптена может свидетельствовать об участии сфагноума в процессе торфообразования.

Работа выполнена в рамках темы НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН 122040600014-6 с использованием оборудования (ЦКП) УрО РАН «Геонаука».

Литература / References

- Астахов В. И., Мангеруд Я., Свенсен Й. И. Трансуральская корреляция верхнего плейстоцена Севера // Региональная геология и металлогения. 2007. № 30—31. С. 190—206.
- Astahov V. I., Mangerud Ya., Svensen J. I. Transural correlation of the Upper Pleistocene of the North. Regional Geology and Metallogeny, 2007, No. 30—31, pp. 190—206. (in Russian)
- Бурдельная Н. С., Голубева Ю. В., Бушнев Д. А. Углеводороды-биомаркеры и палинологическая характеристика торфа Мезенско-Вычегодской равнины // Вестник геонаук. 2022. № 10(334). С. 11—22. DOI: 10.19110/geov.2022.10.2
- Burdelnaya N. S., Golubeva Yu. V., Bushnev D. A. Hydrocarbon biomarkers and palynological characteristics of peat of the Mezen-Vycheгда Plain. Vestnik of Geosciences, 2022, No. 10 (334), pp. 11—22. (in Russian)
- Дурагина Д. А., Коноваленко Л. А. Палинология плейстоцена северо-востока европейской части России. СПб.: Наука, 1993. 124 с.
- Duryagina D. A., Konovalenko L. A. Palynology of Pleistocene in the North-East of European Russia. St. Petersburg: Nauka, 1993, 124 p. (in Russian)
- Исаков В. А., Воробьев Н. Н. Строение четвертичных отложений в долине р. Сейды // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 30-й науч. конф. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2021. С. 31—35.
- Isakov V. A., Vorobev N. N. Structure of Quaternary deposits in the Seida River valley. Structure, substance, and history of the lithosphere of the Timan-Northern Ural segment: Proc. of the 30th scientific conf. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2021, pp. 31—35. (in Russian)
- Марченко-Вагапова Т. И. Палеогеографические обстановки осадконакопления в родионовское межледниковье в верхнем течении р. Сейды (по данным палинологического и диатомового методов) // Вестник геонаук. 2022. № 10. С. 36—41.
- Marchenko-Vagapova T. I. Paleogeographic sedimentation settings during the Rodionovo interglacial period in the upper reaches of the Seida River (based on palynological and diatom methods). Vestnik of Geosciences, 2022, No. 10, pp. 36—41. (in Russian)
- Марьяндышев П. А., Кангаш А. И., Покрышкин С. А., Любов В. К., Туэв Г., Брайард А., Брайак Ж.-Ф. Исследование биотоплива методом пиролитической газохроматографии // Химия твердого топлива. 2021. № 3. С. 29—36. DOI: 10.31857/S0023117721030099
- Maryandyshov P. A., Kangash A. I., Pokryshkin S. A. et al. A Study of Biofuels by Pyrolytic Gas Chromatography. Solid Fuel Chemistry, 2021, Vol. 55, pp. 159—164. DOI: 10.3103/S0361521921030095
- Серебрянникова О. В., Стрельникова Е. Б., Русских И. В. Особенности состава липидов сфанговых и бриевых мхов из различных природно-климатических зон // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 225—234. DOI: 10.14258/jcprm.2019034558
- Serebryannikova O. V., Strelnikova E. B., Russkikh I. V. Features of the lipid composition of sphagnum and bryidae mosses from different natural and climatic zones. Chemistry of plant raw materials, 2019, No. 3, pp. 225—234. (in Russian)
- Andersson R. A., Kuhry P., Meyers P., Zebühr Y., Crill P., Mörtz M. Impacts of paleohydrological changes on *n*-alkane biomarker compositions of a Holocene peat sequence in the eastern European Russian Arctic // Organic Geochemistry. 2011. Vol. 42. P. 1065—1075. doi: 10.1016/j.orggeochem.2011.06.020
- Bush R. T., McInerney F. A. Influence of temperature and C₄ abundance on *n*-alkane chain length distributions across the central USA // Organic Geochemistry. 2015. Vol. 79. P. 65—73. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2014.12.003
- Diefendorf A. F., Freimuth E. J. Extracting the most from terrestrial plant-derived *n*-alkyl lipids and their carbon isotopes from the sedimentary record: A review // Organic Geochemistry. 2017. Vol. 103. P. 1—21. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2016.10.016
- Eglinton G., Hamilton R. J. Leaf epicuticular waxes // Science, 1967. Vol. 156. P. 1322—1335. DOI: 10.1126/science.156.3780.1322
- Howard S., McInerney, F. A., Caddy-Retalic S., Hall P. A., Andrae J. W. Modelling leaf wax *n*-alkane inputs to soils along a latitudinal transect across Australia // Organic Geochemistry. 2018. Vol. 121. P. 126 — 137. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2018.03.013
- Huang X., Meyers P.A., Xue J., Gong L., Wang X., Xie S. Environmental factors affecting the low temperature isomerization of homohopanes in acidic peat deposits, central China // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2015. Vol. 154. P. 212—228. DOI: 10.1016/j.gca.2015.01.031
- Huang X., Wang C., Xue J., Meyers P.A., Zhang Z., Tan K., Zhang Z., Xie S. Occurrence of diploptene in moss species from the Dajiuhu Peatland in southern China // Organic Geochemistry. 2010. Vol. 41. P. 321—324. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2009.09.008
- Huang X., Xue J., Wang X., Meyers P.A., Huang J., Xie S. Paleoclimate influence on early diagenesis of plant triterpenes in the Dajiuhu peatland, central China // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2013. Vol. 123. P. 106—119. DOI: 10.1016/j.gca.2013.09.017
- Ikeda M. A., Nakamura H., Sawada K. Aliphatic hydrocarbons in the lichen class Lecanoromycetes and their potential use as chemotaxonomic indicators and biomarkers // Organic Geochemistry. 2023. Vol. 179. 104588. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2023.104588
- Inglis G. N., Collinson M. E., Riegel W., Wilde V., Robson B. E., Lenz O. K., Pancost R.D. Ecological and biogeochemical change in an early Paleogene peat-forming environment:



- Linking biomarkers and palynology // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2015. Vol. 438. P. 245–255. DOI: 10.1016/j.palaeo.2015.08.001
- Jacob J., Disnar J.-R., Boussafir M., Albuquerque A. L. S., Sifeddine A., Turcq B. Contrasted distributions of triterpene derivatives in the sediments of Lake Cac or reflect paleoenvironmental changes during the last 20,000 yrs in NE Brazil // *Organic Geochemistry*. 2007. Vol. 38. P. 180–197. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2006.10.007
- Klein K., Gross-Schm olders M., Alewell C., Leifeld J. Heating up a cold case: Applications of analytical pyrolysis GC/MS to assess molecular biomarkers in peat // *Advances in Agronomy*. 2021. Vol. 165. P. 115–159.
- Naafs B. D. A., Inglis G. N., Blewett J., McClymont E. L., Lauretano V., Xie S., Evershed R. P., Pancost R. D. The potential of biomarker proxies to trace climate, vegetation, and biogeochemical processes in peat: A review // *Global and Planetary Change*. 2019. Vol. 179. P. 57–79. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2019.05.006
- Nott C. J., Xie S., Avsejs L. A., Maddy D., Chambers F. M., Evershed R. P. *n*-alkane distributions in ombrotrophic mires as indicators of vegetation change related to climatic variation // *Organic Geochemistry* 2000. Vol. 31. P. 231–235. PII: S0146-6380(99)00153-9
- Pancost R. D., Baas M., Van Geel B., Sinninghe Damste J. S. Biomarkers as proxies for plant inputs to peats: an example from a subboreal ombrotrophic bog // *Organic Geochemistry*. 2002. No. 33. P. 675–690. PII: S0146-6380(02)00048-7
- Peters K. E., Walters C. C., Moldowan J. M. *The biomarker guide, Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History*, 2nd ed. Cambridge University Press. 2005. 1155 p.
- Poynter J. G., Farrimond P., Robinson N., Eglinton G. Aeolian-derived higherplant lipids in the marine sedimentary record: links with paleoclimate // In: Leinen M., Sarnthein M. (Eds.), *Palaeoclimatology and Palaeometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmosphere Transport*. Kluwer Academic Publishers, 1989. P. 435–462.
- Quirk M., Wardroper A., Wheatley R., Maxwell J. Extended hopanoids in peat environments // *Chemical Geology*. 1984. Vol. 42 (1). P. 25–43.
- Sachse D., Radke J., Gleixner G. DD values of individual *n*-alkanes from terrestrial plants along a climatic gradient – implications for the sedimentary biomarker record. *Org. Geochem.*, 2006. Vol. 37. P. 469–483. DOI:10.1016/j.orggeochem.2005.12.003
- Saiz-Jimenez C., De Leeuw J. W. Lignin pyrolysis products: their structures and their significance as biomarkers // *Organic Geochemistry*. 1986. Vol. 10. P. 869–876.
- Schellekens J., Bradley J. A., Kuyper T. W., Fraga I., Pontevedra-Pombal X., Vidal-Torrado P., Abbott G.D., Buurman P. The use of plant-specific pyrolysis products as biomarkers in peat Deposits // *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 123. P. 254–264. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.06.028
- von Wettstein-Knowles P. *Plant Waxes*. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. 2016. DOI: 10.1002/9780470015902.a0001919.pub3
- Zhang Y., Gao C., Zhang S., Yang P., Meyers P.A., Wang G. Significance of different *n*-alkane biomarker distributions in four same-age peat sequences around the edges of a small maar lake in China // *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 826. 154137. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154137

Поступила в редакцию / Received 28.11.2025

Региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы: вчера, сегодня, завтра

Л. Р. Семенова, А. Е. Кротова-Путинцева, Е. С. Носевич

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

Региональная унифицированная стратиграфическая схема четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы, утвержденная в 1984 г. и уточненная в 2002 г., требует актуализации по накопленным после этого времени материалам по стратиграфии и палеогеографии четвертичного периода региона, а также в связи с изменениями в общей стратиграфической шкале квартера. Актуальность обновления региональной схемы вызвана проведением работ по мониторингу Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа и по геологической съёмке масштаба 1:200 000, для которых необходима современная стратиграфическая основа. Рассмотрены этапы изучения стратиграфии четвертичных образований региона после 1984 г. Предложены основные направления уточнения региональной стратиграфической схемы, в том числе по средневалдайскому интерстадиалу и голоцену.

Ключевые слова: *общая стратиграфическая шкала квартера, средневалдайский интерстадиал, голоцен*

Regional stratigraphic scheme of Quaternary deposits of the north and northwest of the Eastern European platform: yesterday, today and tomorrow

L. R. Semenova, A. Y. Krotova-Putintseva, E. S. Nosevich

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

The Regional unified stratigraphic scheme of Quaternary deposits of the north and northwest of the Eastern European platform, approved in 1984 and revised in 2002, needs updating based on materials on Quaternary geology and palaeogeography accumulated since then. Also updates of General Stratigraphic scale of Quaternary period should be considered. The improvement of Regional stratigraphic scheme is important due to Monitoring of State geological map of the territory and continental shelf of Russian Federation at 1:1,000,000 scale and due to geological survey at 1:200,000 scale for which a modern stratigraphic basis is required. The stages of studying the stratigraphy of Quaternary deposits in the region after 1984 are considered. Main directions of improvement of the Regional stratigraphic scheme, including of Middle Valdai interstadial and Holocene, have been proposed.

Keywords: *General Stratigraphic scale of Quaternary, Middle Valdai interstadial, Holocene*

Введение

Составление комплектов геологических карт (включая карты четвертичных образований) масштаба 1:1 000 000 третьего поколения для России практически завершено. В настоящее время ведутся работы по мониторингу Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа, продолжают геолого-съёмочные работы масштаба 1:200 000. Для этих работ требуется проведение актуализации стратиграфической основы на современном уровне знаний.

Обновление региональной стратиграфической схемы четвертичных образований севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы будет базироваться на данных, полученных в процессе региональных геолого-съёмочных и картосоставительских работ Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им. А. П. Карпинского, геолого-разведочными организациями, институтами Рос-

сийской академии наук и государственными университетами. Обновленная стратиграфическая схема будет учитывать все достижения в стратификации и станет базовой составляющей дальнейших работ в части государственного картирования четвертичных образований.

Территория Российской Федерации разбита на серии листов масштаба 1:1 000 000, которые обеспечены легендами для карт геологического содержания. Территориально Региональная стратиграфическая схема квартера севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы включает Балтийскую серию листов, частично — Северо-Карско-Баренцевоморскую, Мезенскую и Центрально-Европейскую (рис. 1). Легенды постоянно совершенствуются, дополнения и изменения утверждаются научно-редакционным советом Роснедра. Поэтому при обновлении региональной стратиграфической схемы квартера Севера и Северо-Запада будут учтены результаты этих работ.

Для цитирования: 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. DOI: 10.19110/geov.2025.12.2

For citation: Semenova L. R., Krotova-Putintseva A. Y., Nosevich E. S. Regional stratigraphic scheme of Quaternary deposits of the north and northwest of the Eastern European platform: yesterday, today and tomorrow. Vestnik of Geosciences, 2025, 12 (372), pp. 14–22, DOI: 10.19110/geov.2025.12.2



Рис. 1. Территория региональной стратиграфической схемы четвертичных образований севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы, соседние страторегионы и границы серийных легенд Гостгеолкарты-1000 Российской Федерации третьего поколения (с использованием материалов: Петров и др., 2007; Карта..., 2014): 1 — страторегионы квартера Восточно-Европейской платформы: E-I (Север и Северо-Запад), E-II (Тимано-Печоро-Вычегодский), E-III (Центр и Юг), 2 — региональные стратиграфические схемы, составленные до 2000 г., 3 — региональные стратиграфические схемы, составленные с 2000 г., 4 — региональные стратиграфические схемы унифицированные, 5 — региональные стратиграфические схемы рабочие, 6 — граница страторегиона «Север и Северо-Запад», 7 — границы серийных легенд Государственной геологической карты РФ масштаба 1:1 000 000 и их названия (СКБ — Северо-Карско-Баренцевоморская; Б — Балтийская; М — Мезенская; ЦЕ — Центрально-Европейская)

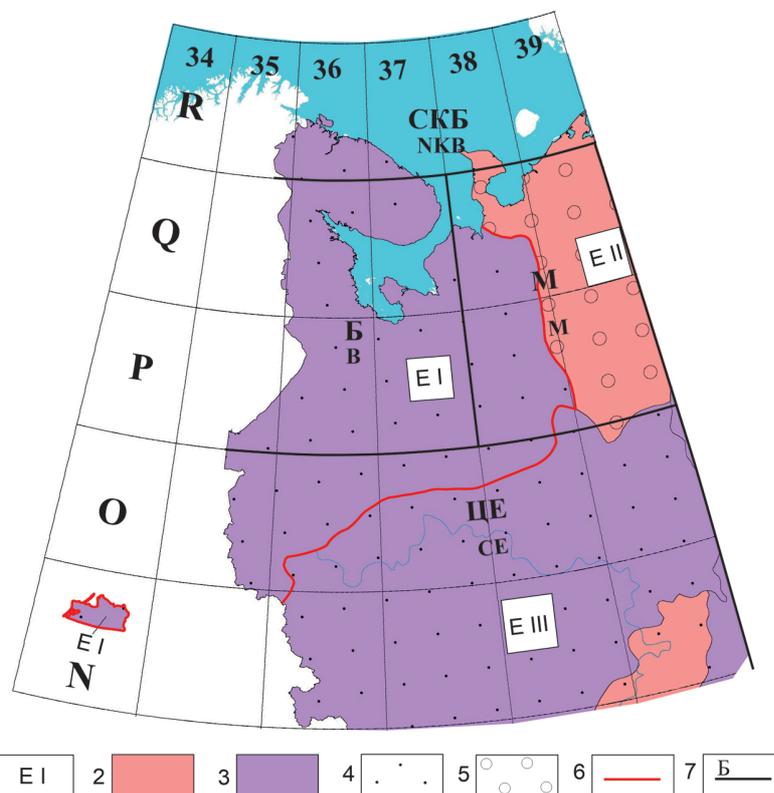


Fig. 1. Area of the regional stratigraphic scheme of the Quaternary deposits of the north and north-west of the Eastern European Platform — and borders of serial legends of State geologic map of the Russian Federation at 1:1,000,000 scale (third generation) (based on: Petrov et al., 2007; Map..., 2014): 1 — stratigraphic regions of the Quaternary Eastern European Platform: E-I (North and North-West), E-II (Timan-Pechora-Vycheгда), E-III (Centre and South), 2 — regional stratigraphic schemes compiled before 2000, 3 — regional stratigraphic schemes compiled since 2000, 4 — unified regional stratigraphic schemes, 5 — working regional stratigraphic schemes, 6 — border of the "North and North-West" stratigraphic region; 7 — borders of serial legends of State geologic map of the Russian Federation at 1:1,000,000 scale (third generation) and indices (NKB — North-Kara-Barents Sea), B — Baltic, M — Mezen, CE — Central European)

Для утверждения обновленных стратиграфических схем необходимо выполнить работы по их совершенствованию и оформлению в соответствии со Стратиграфическим кодексом (Стратиграфический кодекс..., 2019), включая составление подробной объяснительной записки. Перед началом работ бюро Региональной межведомственной стратиграфической комиссии (РМСК), в нашем случае по Северо-Западу России, создаст рабочую группу, утвердит ответственного редактора и авторов. Подготовленная Стратиграфическая схема будет представлена на утверждение в региональную межведомственную комиссию, затем в комиссию Межведомственного стратиграфического комитета (МСК) по четвертичной системе и, наконец, на бюро МСК.

В связи с необходимостью актуализации региональной стратиграфической схемы квартера во время очередной конференции и полевого семинара рабочей группы «Перибалтик» «Фундаментальные проблемы геологии квартера Севера и Северо-Запада России в 21 веке» в 2025 году помимо знакомства с объектами геологических экскурсий Ленинградской и Новгородской областей обсуждалась разработка проекта обновленной Региональной стратиграфической схемы квартера севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы по имеющимся материалам, накопленным за четыре десятилетия, прошедших после утверждения схемы МСК в 1984 г.

Состояние и пути совершенствования региональной стратиграфической схемы четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы

1984–1999 гг.

Региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы с региональными горизонтами (рис. 2), в корреляционной части — с местными схемами, а в качестве корреляции со смежными регионами — со стратиграфической схемой Прибалтики (Решения..., 1978) была принята МСК в 1984 г. в качестве унифицированной. Кроме того, тогда же для всего суперрегиона Восточно-Европейской платформы И. И. Красновым и Е. П. Зарриной был составлен проект Межрегиональной стратиграфической схемы (МСС) четвертичных отложений с межрегиональными горизонтами, но он остался не утвержденным МСК. Четвертичная система «была принята в объеме 0.8–0.9 млн лет с нижней границей в кровле возрастных аналогов апшеронских отложений, совпадающей с границей таманского и тираспольского фаунистических комплексов млекопитающих. Однако, учитывая необходимость в будущем понижения границы квартера, исходя из решений комиссий МПГК, XI конгресса ИНКВА, в региональную схему были введены грязовецкие слои, отнесенные к эоплейстоцену (аналогу апшерона)» (Решение..., 1986).

Общая стратиграфическая шкала				Межрегиональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Восточно-Европейской платформы		Региональные стратиграфические подразделения	
Система	Отдел, подраздел	Раздел	Звено	Надгоризонт	Горизонт	Надгоризонт	Горизонт / подгоризонт
Четвертичная (Антропогенная)		Плейстоцен	голоцен		голоценовый		голоценовый / верхнеголоценовый, среднеголоценовый, нижнеголоценовый
			верхнее	валдайский	осташковский	валдайский	осташковский (верхневалдайский)
					ленинградский		ленинградский (средневалдайский)
					подпорожский		подпорожский (нижневалдайский)
				микулинский	микулинский		
			среднее	среднерусский	московский (сожский)	среднерусский	московский (бабушкинский) / верхнемосковский, среднемосковский, нижнемосковский
					шкловский		горкинский
					днепровский		днепровский (вологодский)
				лихвинский	лихвинский (трубайский)		
			нижнее	белорусский	окский (березинский)		окский (пичугский)
					беловежский (мучкапский)		свирский
					донской (дзукийский)		не выделен
				вильнюсский	ильинский		пайский
					покровский		прионежский
					михайловский (петропавловский)		не выделен
			Неогеновая	Плиоцен, верхний плиоцен	Эоплейстоцен (апшерон)	верхнее	
нижнее							

Рис. 2. Региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Севера и Северо-Запада и неутвержденные межрегиональные подразделения Восточно-Европейской платформы (Решение..., 1986)

Fig. 2. Regional stratigraphic scheme of Quaternary deposits of the North and North-West and non-approved interregional horizons of the Eastern European platform (Decision..., 1986)

В общей стратиграфической шкале (ОСШ) были выделены в качестве разделов эоплейстоцен (апшерон) и плейстоцен. Плейстоцен включал четыре звена: нижнее, среднее, верхнее и голоцен.

Раздел «Региональные стратиграфические подразделения...» включал собственно региональную схему Севера и Северо-Запада (надгоризонты, горизонты,

подгоризонты), характерные комплексы органических остатков (фауна — моллюски, фораминиферы, флора — диатомовые водоросли), основные этапы развития растительности. В составе эоплейстоцена были выделены грязовецкие слои. В нижнем звене — прионежский, пайский, свирский и окский (пичугский) горизонты. Горизонты на уровне между эоплейстоценом и



прионежским горизонтом, а также на уровне донского горизонта выделены не были. В среднем звене были выделены лихвинский (трубайский) горизонт, среднерусский надгоризонт, в который входили днепровский (вологодский), горкинский и московский (бабушкинский) горизонты. В составе последнего горизонта выделены подгоризонты: ниже-, средне- и верхне-московский. В верхнем звене — микулинский горизонт, валдайский надгоризонт, включающий подпорожский (нижневалдайский), ленинградский (средневалдайский) и осташковский (верхневалдайский) горизонты. Голоценовый горизонт был разделен на подгоризонты, которые коррелировались с периодами шкалы Блитта — Сернандера следующим образом: нижнеголоценовый (пребореал, бореал — 10200—9000 л.н.), среднеголоценовый (атлантик — 9000—7800 л.н.) и верхнеголоценовый (суббореал, субатлантик — менее 4000 л.н.).

Корреляционная часть стратиграфической схемы была представлена двумя регионами: 1) Кольский п-ов и Карелия (с районами: I.1 — Мурманская область и Северная Карелия, I.2 — Центральная и Южная Карелия) и 2) север и северо-запад Русской равнины (I.3 — Ленинградская, Псковская, Новгородская и север Вологодской области, I.4 — центр и восток Вологодской области, I.5 — запад Архангельской области). Калининградская область входила в состав Прибалтийского стратиграфического района (III-3) (рис. 3).

После 1991 г. в связи прекращением деятельности Прибалтийской РМСК для проведения геологического доизучения Калининградской области и прилегающей к ней акватории (в пределах экономической зоны России) в масштабе 1:200 000 возникла необходимость разработки местных стратиграфических схем, в том числе и по четвертичной системе. 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).

В 1995—1999 гг. проводились работы по актуализации стратиграфической схемы четвертичных образований северо-запада Русской плиты, что было вызвано составлением Госгеолкарты-200 второго издания и требовало современной стратиграфической основы¹. Обновление проводилось для площади Ильменской, Онежской и частично Мезенской серий листов Госгеолкарты масштаба 1:200 000 и не включало Калининградскую область, Кольский полуостров и Карелию, которые входят в Северо-Западный регион. В этой схеме были учтены изменения, касающиеся ОСШ квартера — ее продолжительность была принята в объеме 1.8 млн лет, нижняя граница проводилась по верхней границе палеомагнитного эпизода

Олдуэй. В составе четвертичной системы были выделены 2 надраздела (отдела) — плейстоцен и голоцен. В составе плейстоцена выделены 2 раздела (подотдела) — эоплейстоцен (1.8—0.8 млн лет) и неоплейстоцен (0.8—0.01 млн лет). В региональных подразделениях в нижнем неоплейстоцене между свирским и пайским межледниковыми горизонтами был введен новый ледниковый горизонт — урьинский со стратотипом на р. Урья у оз. Пашозеро. В соответствии с требованиями стратиграфического кодекса автором были сохранены те названия горизонтов, которые были выделены по региональным стратотипам Северо-Запада — ленинградский, подпорожский, бабушкинский, вологодский, трубайский, пичугский. В верхнем неоплейстоцене вместо микулинского предложено ввести мгинский горизонт, название осташковского горизонта сохранено, поскольку стратотип находится на границе Северо-Западного и Центрального регионов. В голоцене горизонт не выделен (рис. 4). В процессе этих работ впервые были составлены самостоятельные стратиграфические схемы четвертичных образований для акватории восточной части Финского залива, Белого моря и южных частей озер — Ладожского и Онежского, для морских отложений Белого моря приведена местная палеомагнитная колонка.

2000 г. — настоящее время

В 2002 г. комиссией по четвертичной системе были утверждены изменения в региональной шкале стратиграфической схемы Северо-Западного региона (Постановления..., 2002). В нее введен урьинский ледниковый горизонт, в голоцене выделены нижняя, средняя и верхняя части. Голоцен выделен как надраздел. Названия горизонтов были приняты в пользу унифицированных для Северо-Западного и Центрального регионов (рис. 5).

Уточненная стратиграфическая схема 2002 г. использовалась при создании карт четвертичных образований в комплексах Госгеолкарты-200 второго издания и Госгеолкарты-1000 третьего поколения. Расчленение четвертичных образований листа N-(34) (Калининград) проводилось согласно местной стратиграфической схеме Калининградской области (рис. 6). При создании карты четвертичных образований листа O-37 (Ярославль) были учтены изменения в ОСШ квартера, принятые после утверждения схемы 2002 г. (рис. 7).

В настоящее время в рамках мониторинга Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 третьего поколения ведутся работы по созданию сеимостратиграфических схем акватории Белого моря, Российского сектора юго-восточной части Балтийского

¹Составление обновленных местных стратиграфических схем среднефранского подъяруса девона Главного девонского поля, плейстоцена и голоцена северо-запада Русской плиты: Отчет о научно-исследовательской работе по объекту «Стратиграфический». Книга 2. Объяснительная записка к местной стратиграфической схеме квартера северо-запада Русской плиты в пределах Ильменской, Онежской и Мезенской серий листов Госгеолкарты-200. СПб., 1999. Отв. исп. В. Р. Вербицкий, авт. Е. П. Заррина

Compilation of updated local stratigraphic schemes of the Middle Frasnian Substage of the Devonian of the Main Devonian Field, Pleistocene, and Holocene of the Northwest Russian Plate: Report on research work on the "Stratigraphic" object. Book 2. Explanatory note to the local stratigraphic scheme of the Quaternary of the Northwest Russian Plate within the Ilmenskaya, Onega, and Mezenskaya series of sheets of the State Geological Map-200. St. Petersburg. 1999. Exec. V.R. Verbitsky, author E.P. Zarrina.

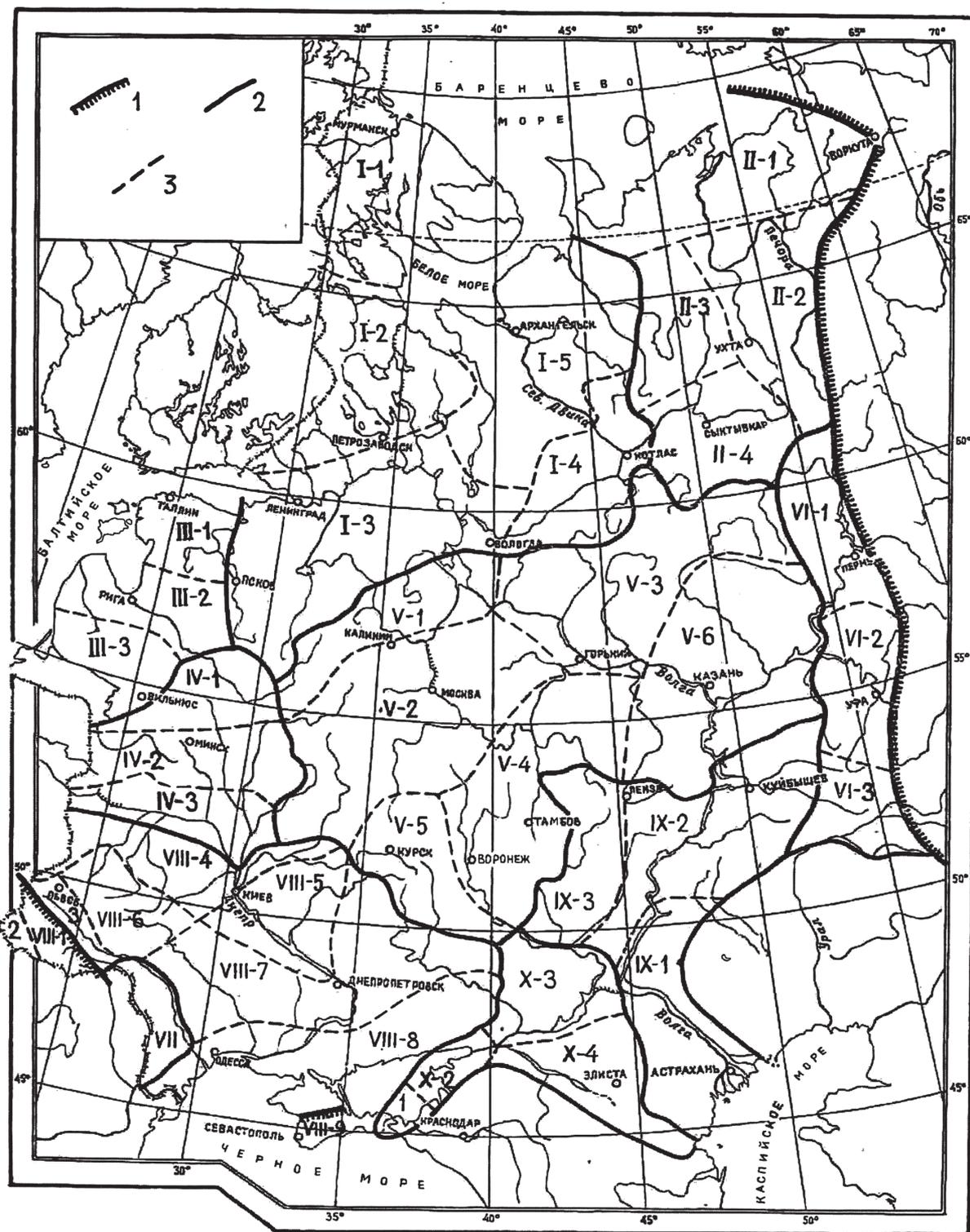


Рис. 3. Схема районирования Восточно-Европейской платформы (Решение..., 1986): 1 — граница Восточно-Европейской платформы, 2 — границы регионов, 3 — границы районов (местных схем); регионы: I — север и северо-запад Восточно-Европейской платформы, II — Тимано-Печоро-Вычегодский регион, III — Прибалтика, IV — Белоруссия, V — центральные районы Восточно-Европейской платформы, VI — Предуралье, VII — Молдавия, VIII — Украина, IX — Нижневолжский регион, X — Восточное Приазовье, Нижний Дон, Маныч; арабские цифры — номера районов (местных схем)

Fig. 3. Scheme of the East-European platform zoning (Decision..., 1986): 1 — the East European platform border, 2 — regions borders, 3 — district borders (local schemes); regions: I — north and north-west of the East European Platform, II — Timan-Pechora-Vychegda region, III — the Baltic States, IV — Belarus, V — central regions of the East-European platform, VI — Cis-Ural, VII — Moldova, VIII — Ukraine, IX — the Lower Volga region, X — the East of the Azov coast, Lower Don, Manych; Arabic numerals — numbers of district borders (local schemes)



Общая стратиграфическая шкала					Региональные стратиграфические подразделения			
Система	Надраздел (отдел)	Раздел (подотдел)	Звено	Условные части	Надгоризонт	Горизонт / подгоризонт		
Четвертичная (квартер)	Голоцен			верхняя				
				средняя				
	Плейстоцен	Неоплейстоцен	верхнее			валдайский	осташковский	
							ленинградский	
							подпорожский	
			среднее				среднерусский	мгинский
								бабушкинский / верхний, средний, нижний
								горкинский
								вологодский
			нижнее					трубайский
								пичугский
								свирский
								урьинский
								пайский
								прионежский
Эоплейстоцен						не выделен		
						верхнее	грязовецкие слои	
нижнее								

Рис. 4. Региональная стратиграфическая схема Северо-Западного региона, 1999 г.

Fig. 4. Regional stratigraphic scheme of the North-Western region, 1999

моря, Финского залива, Ладожского и Онежского озёр. Запланированы работы по уточнению биостратиграфических и геохронологических границ подгоризонтов голоценового горизонта, выделенных в региональной стратиграфической схеме четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы (1986 г.).

Основные задачи по уточнению и совершенствованию региональной стратиграфической схемы

Направления совершенствования региональной стратиграфической схемы четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы сводятся к следующему.

1. Уточнение схемы в части последних изменений в ОСШ квартера, закрепленных в Стратиграфическом кодексе 2019 г., в том числе корреляция региональных подразделений с морскими изотопными стадиями.

Общая шкала				Северо-Западный регион				
Система	Надраздел	Раздел	Звено	Надгоризонт	Горизонт			
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ (КВАРТЕР)	ГОЛОЦЕН				верхняя часть			
					средняя часть			
	ПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	верхнее		валдайский	осташковский		
						ленинградский		
						подпорожский		
			среднее				средне-русский	микулинский
								московский
								горкинский
								вологодский
			нижнее					лихвинский
								окский
								свирский
								урьинский
								пайский
								прионежский
ЭОПЛЕЙ-СТОЦЕН					не выделен			
					верхнее	горизонты не выделены		
нижнее								

Рис. 5. Региональная стратиграфическая схема Северо-Западного региона (Постановления..., 2002)

Fig. 5. Regional stratigraphic scheme of the North-Western region (Resolutions..., 2002)

2. Уточнение районирования за счет включения Калининградской области — суши и акватории Юго-Восточной Балтики в пределах экономической зоны России — в региональную стратиграфическую схему Севера и Северо-Запада (эта территория входит в Северо-Западный регион Центрально-Европейской серийной легенды). Включение местной стратиграфической схемы четвертичных образований суши и акватории Калининградской области в корреляционную таблицу региональной унифицированной стратиграфической схемы.

3. Включение стратиграфических и сейсмостратиграфических схем четвертичных образований акватории Белого моря, Баренцева моря, юго-восточной части Балтийского моря, восточной части Финского залива и озёр — Ладожского и Онежского.

4. Увязка с региональной стратиграфической схемой центральных районов.

Общая стратиграфическая шкала					Региональная схема Севера и Северо-Запада, 2002		Местные подразделения						
Система	Надраздел	Раздел	Звено	Ступень	Надгоризонт	Горизонт	Серия	Свита, толща					
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	ВЕРХНЕЕ	4	валдайский	осташковский	калининградская	куршская					
				3					ленинградский	ратненская			
				2					подпорожский	неманская			
				1					микулинский	боровиковская			
				СРЕДНЕЕ					6	московский	нестеровская	выштынецкая	
									5	горкинский			уваровская
									4	вологодский			мариновская
									1-3	лихвинский			домновская
									8	окский			мазурская
				НИЖНЕЕ					7	свирский	краснореченская	яковлевская	
									6	урьинский			озерская
									3-5	пайский			богатовская
									2	прионежский			
									1	не выделен			
				эоплейстоцен					верхнее				
гелазский	нижнее												

Рис. 6. Схема корреляции четвертичных образований листа N-(34) — Калининград (Максимов и др., 2011) с изменениями и дополнениями

Fig. 6. Correlation scheme of Quaternary deposits, sheet N-(34) — Kaliningrad (Maksimov et al., 2011) with changes and addition

5. Проведение ревизии региональных горизонтов, уточнение их стратотипов и названий в соответствии с теми, которые выделены по региональным, а не межрегиональным стратотипам (московский — бабушкинский, микулинский — мгинский и др.), а также стратиграфических объемов горизонтов.

6. Изучение образований, которые могут соответствовать уровню гелазского раздела и эоплейстоцена.

7. Уточнение биостратиграфических и хроностратиграфических характеристик средневалдайского ин-

Общая стратиграфическая шкала квартера (Пост. МСК 2008, 2012 г.)					Региональные подразделения Северо-Западный регион, 2002										
Система	Надраздел	Раздел	Звено	Ступень	Надгоризонт	Горизонт									
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	ВЕРХНЕЕ	III ₄	валдайский	осташковский									
				III ₃			ленинградский								
				III ₂				подпорожский							
				III ₁					микулинский s. l.						
				СРЕДНЕЕ						II ₆	средне-русский	московский			
										II ₅			горкинский		
										II ₄				вологодский	
										II ₃					не выделены
										II ₂					
				II ₁						окский					
				НИЖНЕЕ							I ₈	не выделены			
											I ₇		свирский		
											I ₆			урьинский	
											I ₅				пайский
										I ₄	прионежский				
I ₃	прионежский														
I ₂		прионежский													
I ₁			прионежский												
эоплейстоцен				верхнее											
гелазский				нижнее											

Рис. 7. Схема корреляции четвертичных образований Северо-Западного региона листа O-37 — Ярославль (Кротова-Путинцева, Лукьянова, 2016) с дополнениями

Fig. 7. Correlation scheme of Quaternary deposits in the North-Western region, sheet O-37 — Yaroslavl (Krotova-Putintseva, Lukyanova, 2016) with addition

терстадиала и подгоризонтов голоцена и их палеоклиматической интерпретации.

8. Датирование и прослеживание краевых образований стадий осташковского оледенения и увязка их с данными по четвертичной геологии акваториальных и территориальных частей.

9. Палеомагнитное изучение четвертичных образований, включение общей магнитостратиграфической шкалы полярности квартера в региональную схему.



10. Обязательное геохронологическое датирование четвертичных образований современными методами — AMS, Be¹⁰, OSL и др.

11. Составление местных схем голоценовых образований.

12. Создание проекта обновленной региональной стратиграфической схемы.

Уточнение периодизации средневалдайского интерстадиала и голоцена

В первую очередь предлагается решить стратиграфические задачи, касающиеся среднего валдая и голоцена.

Средневалдайский интерстадиал, его биостратиграфическое деление и возрастные границы отдельных этапов являются слабоизученными. Несмотря на существование внушительной серии радиоуглеродных дат, полученных из органических отложений этого времени, до сих пор нет четкой хроностратиграфической шкалы среднего валдая. Расширение возможностей и появление новых методов датирования и их усовершенствование (радиоуглеродный и уран-ториевый методы датирования, метод оптически стимулированной люминесценции) позволит приблизиться к пониманию возрастных границ средневалдайского потепления.

Решение о корреляционной валидности тех или иных дат может быть принято только на основе статистического анализа множества дат и сопоставления их с результатами независимых хронометрических методов. Однако в разрезах лесного среднего валдая Центральной России радиоуглеродные даты: а) единичны; б) получены сжиганием больших объемов смешанной органики; в) их значения находятся в ненадежном интервале 30—50 тыс. лет. Поэтому для принятия хронологических решений лучше всего использовать серии дат с подтверждением альтернативными методами (Астахов, 2023, 2025).

Кроме того, лесные спорово-пыльцевые спектры центральной части Восточно-Европейской равнины не увязываются с лучше датированными разрезами соседних территорий того же хронологического диапазона. Вероятно, это связано с тем, что «проблемные» спорово-пыльцевые диаграммы опорных разрезов средневалдайского «мегаинтерстадиала» получены из интервалов неоплейстоцена, недоступных радиоуглеродному датированию (Астахов, 2023, 2025).

Для корреляции разрезов представляют интерес палеопочвы. Они являются надежными индикаторами палеоландшафтных условий и более уверенно поддаются корреляции, представляя собой маркирующие образования, хорошо изученные в центральных регионах России.

Голоценовые образования различных генетических типов достаточно хорошо изучены на северо-западе Восточно-Европейской платформы. В стратиграфической схеме 1986 г. в голоцене были выделены три подгоризонта (верхне-, средне- и нижнеголоценовый), скоррелированные с палинологическими зонами Поста (VII-IX, III-VI, I-II), морскими слоями (пребореальные (Портландия?) — Фолас, Тапес I-II, Тривиа-Остреа), а также с палеоклиматическими этапами схемы Блитта — Сернандера (Решения..., 1986). Подгоризонты соот-

ветствуют трем условным частям голоцена уточненной схемы 2002 г. (Постановления..., 2002).

В результате анализа имеющихся и получения новых материалов представляется возможным составить детальные местные стратиграфические схемы голоцена, а также выбрать наиболее полный разрез озерных или озерно-болотных осадков в качестве стратотипа горизонта на уровне голоцена. В дальнейшем необходимо провести корреляцию с Международной стратиграфической шкалой, в которой голоцен разделен на три подотдела (нижний, средний и верхний), которым соответствуют ярусы (Greenlandian, Northgrippian, Meghalayan) с датированными границами (Walker et al., 2018).

Выводы

К настоящему времени накоплены обширные материалы по геологии квартала севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы, которые позволяют обновить региональную стратиграфическую схему четвертичных образований этого региона в ближайшее время — включить местные стратиграфические и сеймостратиграфические схемы четвертичных образований акваторий Белого и Баренцева морей, восточной части Финского залива, Ладожского и Онежского озер; включить местную стратиграфическую схему четвертичных образований Калининградской области (для суши и юго-восточной части Балтийского моря); составить местные стратиграфические схемы по наиболее изученным отложениям голоцена и т. д.

В дальнейшем, чтобы региональная схема отвечала современному уровню знаний, необходимо получение палеомагнитных материалов и проведение геохронологического датирования четвертичных образований методами ¹⁴C, AMS, Be¹⁰, OSL и др.

Литература / References

- Астахов В. И. Последний перигляциал Русской равнины в сравнении с соседними регионами // Перигляциал Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири: Материалы Всероссийской научной конференции. Ростов Великий, 25—26 августа 2023 г. М., ИГ РАН, 2023. С. 11—16.
- Astakhov V. I. The last periglacial in the Russian Plain in comparison with adjacent regions. Periglacial of the East European Plain and Western Siberia. Proceedings of the All-Russian scientific conference. Rostov Veliky, August 25—26, 2023. Moscow: IG RAS, 2023, pp. 11—16. (in Russian)
- Астахов В. И. Последняя ледниковая эпоха на севере Русской равнины: проблемы корреляции // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2025. Т. 70. Вып. 1. С. 4—29. DOI:10.21638/spbu07.2025.101
- Astakhov V. I. The last ice age in the northern Russian Plain: Correlation problems. Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences, V. 70 (1), pp. 4—29. (in Russian)
- Загородных В. А., Довбня А. В., Жамойда В. А. Стратиграфия Калининградского региона. Калининград, 2001. 226 с.
- Zagorodnyh V. A., Dovbnya A. V., Zhamoida V. A. Stratigraphy of the Kaliningrad region. Kaliningrad, 2001, 226 p. (in Russian)



- Карта четвертичных образований масштаба 1:2 500 000 территории Российской Федерации / Отв. ред. А. С. Застрожных. СПб., 2014.*
Map of the Quaternary deposits of Russian Federation at 1:2 500 000 scale. Ed. A. S. Zastrozhnov. Saint Petersburg, 2014. (in Russian)
- Кротова-Путинцева А. Е., Лукьянова Н. В. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000, третье поколение, Центрально-Европейская серия, Карта четвертичных образований. Лист О-37 (Ярославль). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016.*
Krotova-Putintseva A. Y., Lukianova N. V. State geological map of Russian Federation, scale 1:1 000 000, third edition. Sheet O-37 (Yaroslavl). St. Petersburg: VSEGEI map reproductory plant, 2016. (in Russian)
- Максимов А. В., Семенова Л. Р., Жамойда В. А. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000, третье поколение, Центрально-Европейская серия, Карта четвертичных образований. Лист N-(34) (Калининград). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011.*
Maksimov A. V., Semenova L. R., Zhamoida V. A. State geological map of Russian Federation, scale 1:1 000 000, third edition. Sheet N-(34) (Kaliningrad). St. Petersburg: VSEGEI map reproductory plant, 2011. (in Russian)
- Петров О. В., Вербицкий В. Р., Киселев Е. А., Путинцев В. К., Кротова-Путинцева А. Е. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (история создания, итоги и задачи работ). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 79 с.*
Petrov O. V., Verbitskiy V. R., Kiselev E. A., Putintsev V. K. & Krotova-Putintseva A. Y. State geological map of the Russian Federation at 1:1 000 000 scale (history, results and work objectives). Saint Petersburg: VSEGEI, 2007, 79 p. (in Russian)
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 33 / Отв. ред. А. И. Жамойда. СПб., 2002. С. 36–37.*
Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its permanent committees. Issue 33. Ed. A. I. Zhamoida. St. Petersburg, 2002, pp. 36–37. (in Russian)
- 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.*
Decision of the 2nd Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the Quaternary System of the East European Platform (Leningrad – Poltava – Moscow, 1983) with regional stratigraphic schemes. Eds. I. I. Krasnov, E. P. Zarrina. Leningrad, 1986. (in Russian)
- Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Прибалтики. 1976 г. / Ред. А. А. Григялис. Л., 1978. 86 с.*
Decisions of the Interdepartmental Regional Stratigraphic Meeting on the development of unified stratigraphic schemes of the Baltic Region. Ed. A. A. Grigyalis, Leningrad, 1978, 86 p. (in Russian)
- Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное / Отв. ред. А. И. Жамойда. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.*
Stratigraphic Code of Russia. Third edition, revised and expanded. Ed. A. I. Zhamoida. Saint-Petersburg: VSEGEI Publ. House, 2019, 96 p. (in Russian)
- Walker M., Head M. H., Berkehammer M., Bjorck S., Cheng H., Cwynar L., Fisher D., Gkinis V., Long A., Lowe J., Newnham R. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. Episodes. 2018. Vol. 41. No. 4. P. 213–223.*

Поступила в редакцию / Received 19.11.2025



Финальный этап лёссонакопления в гляциальной области последнего оледенения (северо-запад Русской равнины)

А. В. Русаков¹, А. А. Леонтьев¹, А. О. Makeev², Н. В. Мокиевский³

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
spp-06@mail.ru; field@festuka.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
makeevao@gmail.com

³ Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, Россия
n.mokievskiy@bk.ru

В статье впервые обсуждается дискуссионный вопрос о финальном этапе лёссонакопления в гляциальной области последнего (валдайского, осташковского) оледенения на северо-западе Русской равнины (Ленинградская обл.). На основе данных крупномасштабного почвенного картографирования территории землепользования бывшего хозяйства «Волна» (Волосовский район), расположенного в девонской равнине, выделены группы почв, в профиле которых выделяется маломощный (50–100 см) плащ субаэральных отложений. Гранулометрический состав почв определялся седиментометрическим методом, а также методом лазерной дифракции. В составе литоматрицы почвенного профиля субаэральные отложения 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.). Ранее лёссоиды не выделялись в составе почвенного профиля, а принимались за отложения других генетических типов. Ландшафтная приуроченность и ареалы этих отложений нуждаются в дальнейшем исследовании. Эоловая седиментация могла быть приурочена к «микроперигляциальным» зонам, формировавшимся при поэтапном отступании ледника. Представленный фактический материал по пылеватым безвалунным отложениям северо-запада Русской равнины требует углубленного исследования с привлечением специалистов смежных дисциплин.

Ключевые слова: лёссоиды, северо-запад Русской равнины, валдайское оледенение, почвы, литогенная матрица

Final stage of loess accumulation in the glacial zone of the last glaciation (northwestern Russian Plain)

A. V. Rusakov¹, A. A. Leontev¹, A. O. Makeev², N. V. Mokievsky³

¹ Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³ Dokuchaev Soil Institute, Moscow, Russia

For the first time the article discusses the final stage of loess accumulation in the area of the last (Valdai, Ostashkov) glaciation in the northwest of the Russian Plain (Leningrad region). Based on data from large-scale soil mapping of the land-use area of the former Volna farm (Volosovsky district), located in the Devonian plain, three groups of soils have been identified, in the profile of which a thin (50–100 cm) mantle of subaerial sediments stands out. The granulometric groups of the soils are determined by the sedimentometric method, as well as by laser diffraction. As part of the lithomatrix of the soil profile, subaerial sediments form a part of the texturally differentiated profile of Holocene soils, which is light in terms of granulometric composition and enriched with a large silt fraction. The upper part of the soil profile is underlain by rocks of various genesis (tills, glaciofluvial and glaciolacustrine silty sediments, etc.). Loessoids were previously undetected in the soil profile structure. The landscape contiguity and areals of these deposits need further investigation. Aeolian sedimentation could be associated with "micro-periglacial" zones formed during the gradual retreat of the glacier. The presented factual material on the silty pebbleless sediments of the northwestern Russian Plain requires in-depth research with the involvement of specialists from related disciplines.

Keywords: loessoids, Northwest of the Russian Plain, Valdai glaciation, soils, lithogenic matrix

Введение

В области последнего неоплейстоценового (валдайское, осташковское, морская изотопная стадия — 2) оледенения на северо-западе Русской равнины почвообразующие породы (ПОП), являющиеся литологической матрицей дневных, или голоценовых, почв, пред-

ставлены широким спектром отложений ледникового генезиса наряду с дочетвертичными породами, подвергшимся ледниковой экзарации в период максимума последнего оледенения. Среди ледниковых отложений доминируют морены последовательных ста-

Для цитирования: Русаков А. В., Леонтьев А. А., Makeev 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. DOI: 10.19110/geov.2025.12.3

For citation: Rusakov A. V., Leontev A. A., Makeev A. O., Mokievsky N. V. Final stage of loess accumulation in the glacial zone of the last glaciation (northwestern Russian Plain). Vestnik of Geosciences, 2025, 12 (372), pp. 23–30, DOI: 10.19110/geov.2025.12.3

дий осцилляции ледниковых покровов (в том числе локальные, обогащенные включениями дочетвертичных пород с обломками известняковых пород), флювиогляциальные, озерно-ледниковые, озерные отложения, аллювиальные осадки и органогенные породы (торфяные отложения). ПОП отличаются также разнообразием гранулометрического состава, типичным для ледниковой зоны: от песков и супесей до тяжелых суглинков и глин. Характерной особенностью компонентного состава ПОП являются двучленные отложения, среди которых преобладают прямые двучлены, когда верхний член ПОП (смена пород происходит на глубине до 1.0 м) представлен облегченной по гранулометрическому составу толщей; при этом нижняя часть двучлена может отличаться не только по гранулометрическому составу, но и по генезису.

Проведенные нами в течение 2022–2024 гг. работы по крупномасштабному (1:10000) картографированию почвенного покрова залежных угодий в пределах землепользований бывших хозяйств Ленинградской области выявили ареалы необычных для Северо-Западного региона ПОП, которые по морфологии и гранулометрическому составу весьма схожи с лёссовидными (покровными) суглинками, характерными для перигляциальной зоны Русской равнины и объединенными в группу лёссоидов. Согласно Астахову (2024), к этой группе принадлежит прежде всего собственно лёсс, то есть эоловая пыль, преобразованная степным педогенезом/диагенезом, и лёссовидные алевриты преимущественно эолового происхождения. Автор отмечает, что, несмотря на вторичное, переотложенное происхождение многих лёссоидов, первичным источником основной массы слагающего эти породы алевритового материала все равно является ветровой перенос. Поэтому справедлива общая генетическая характеристика лёссоидов как субаэральные образования.

По нашему мнению, причиной того, что лёссоиды не диагностировались ранее в пределах северо-запада Русской равнины в качестве почвообразующих пород, является игнорирование самого факта возможного образования пород данного генезиса в ледниковой зоне последнего оледенения. Во-вторых, зачастую при описании лёссовидных пород последние относились почвоведомы к суглинистым озерно-ледниковым отложениям или, что чаще, рассматривались в качестве пылеватых моренных отложений с редкими включениями валунно-гравелистых образований небольшой (как правило, полуметровой) толщи в пределах почвенного профиля, перекрывающих собственно морену, диагностика которой не вызывала сомнений. Небольшие площади лёссоидов, имеющих пятнистое распространение, также, по-видимому, выпадали из поля зрения геологов-четвертичников. Тем не менее их изучение крайне важно как для палеогеографии и геологии, так и для генетического почвоведения. Маломощные толщи лёссоидов, целиком входящие в состав почвенных профилей, отражают палеогеографическую обстановку осадконакопления в позднеледниковье. Они составляют литогенную матрицу современных почв, поэтому их изучение важно для понимания генезиса почв.

Теоретической основой проведенного исследования является непротиворечивое предположение о существовании локальных (местных) «перигляциальных» на освободившихся от ледникового покрова тер-

риториях северо-запада Русской равнины зон по границе положения фронта отступающего ледника в хроноинтервале 20 (19) — 13.2 тыс. л. н. (Stroeve et al., 2016). Однако, основываясь на данных исследований в штатах Аляска и Небраска (Muhs et al., 2013; Miao et al., 2005), где представлены сведения об активном голоценовом (начиная с 10.2—9.0 тыс. л.н) лёссонакоплении в высоких широтах, мы не исключаем возможности формирования исследуемых нами алевритов и в голоцене. Альтернативным путём накопления алеврита эолового генезиса в пределах района исследования могло быть образование дюн при изменениях уровня Литоринового моря в хроноинтервале 7.0—7.8 тыс. л. н., как это показано для территории восточной Эстонии (Raukas, 2011).

Цель настоящей статьи — изложить впервые полученные данные по эоловому накоплению пылеватых суглинков (лёссоидов) в финальных эпохах позднего неоплейстоцена — раннего голоцена, записанные в литогенной матрице современных почв, и обосновать этот тип субаэральные отложений в качестве самостоятельной группы отложений ледниковой формации.

Методы исследования

Гранулометрический состав почв определен седиментометрическим методом с диспергацией суспензии пирофосфатом натрия (Растворова, 1983), а также методом лазерной дифракции при помощи анализатора размеров частиц Malvern Mastersizer 3000. Морфолого-генетическое изучение почв проводилось в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004).

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного нами в 2022 г. крупномасштабного почвенного картографирования залежных угодий землепользования бывшего совхоза «Волна» площадью ~4 тыс. га (Волосовский район Ленинградской обл.), расположенных в пределах девонской равнины, ограниченной с востока Ордовикским плато (рис. 1), были выявлены ареалы почв, выделенных на необычных для региона почвообразующих породах. Выделенные почвенные ареалы (площадь в десятки гектаров) развиты на безвалунных крупнопылеватых суглинках, не входящих в спектр типичных для зоны ледниковых (моренных, флювиогляциальных, озёрно-ледниковых) отложений. Особо следует отметить, что, по данным полевой диагностики и макроморфологического описания (окраска, плотность, структура, сложение и др.), эти породы весьма схожи с покровными (лёссовидными) суглинками, широко распространенными в перигляциальной зоне Русской равнины. Лёссовидные слои в профиле почв представлены чаще всего в виде верхнего слоя (толщиной до 0.6 м), перекрывающего моренные или озерно-ледниковые глинистые отложения, либо в виде слабослоистой пылеватой толщи (вскрытая мощность до 1.5 м); в первом случае в этой толще сформирована элювиальная часть профиля текстурно-дифференцированных почв, а во втором — собственно профиль с достаточно выраженным иллювиальным горизонтом.

На основании полевой морфолого-генетической диагностики обследованных почв, развитых в лито-

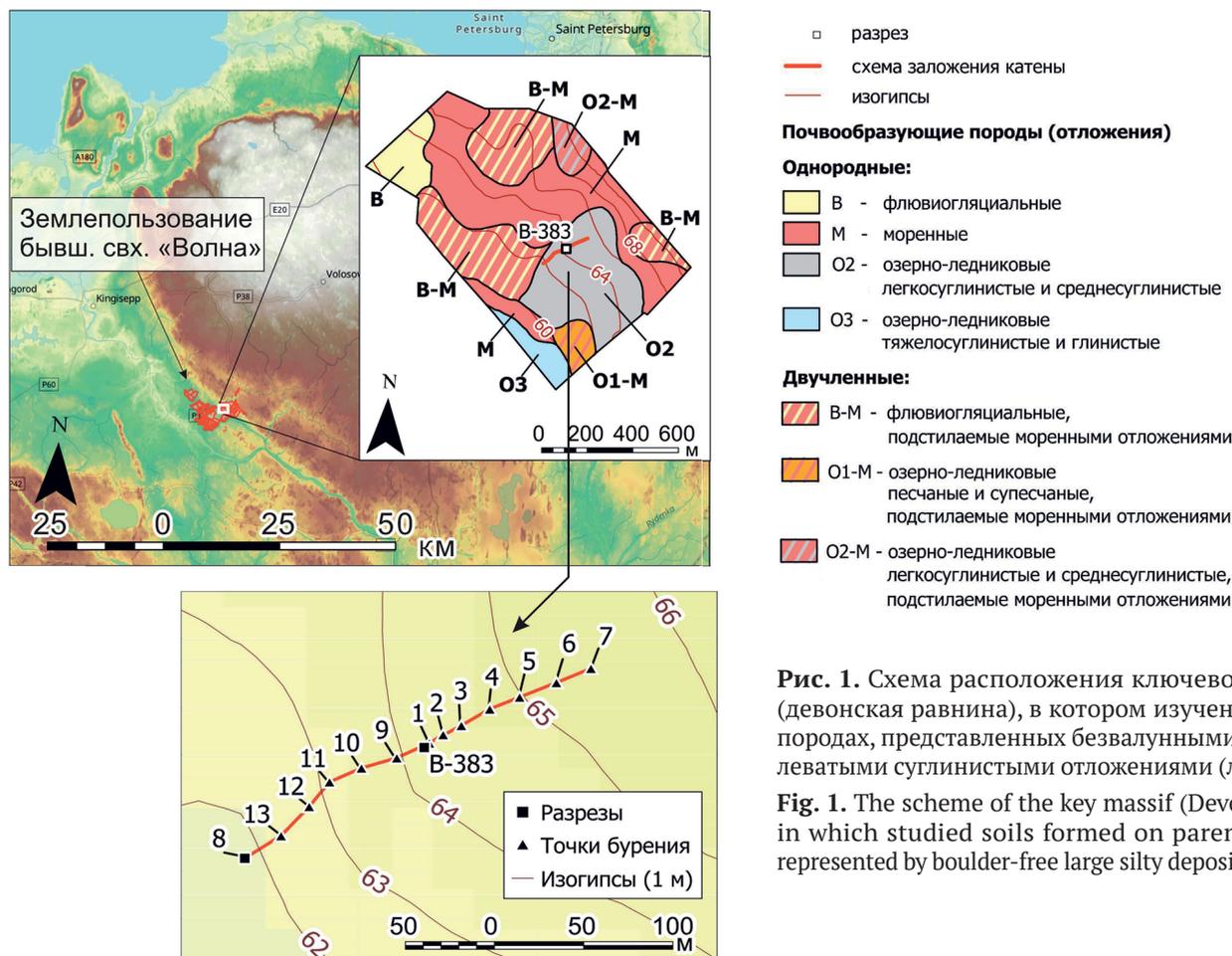


Рис. 1. Схема расположения ключевого массива (девонская равнина), в котором изучены почвы на породах, представленных безвалунными крупнопылеватыми суглинистыми отложениями (лессоидами)

Fig. 1. The scheme of the key massif (Devonian plain), in which studied soils formed on parent materials represented by boulder-free large silty deposits (loessoids)

генной матрице, обогащенной пылеватым материалом, подкрепленной данными гранулометрического состава, все изученные дерново-подзолистые почвы по содержанию и характеру профильного распределения гранулометрических фракций были подразделены на три группы.

Группа I (доминирующая) (рис. 2) представлена безвалунными пылеватыми суглинками, практически не содержащими скелетной фракции (> 1 мм) в гранулометрическом составе. Содержание крупнопылеватой фракции (0.05–0.01 мм) в пределах отдельных исследованных профилей варьирует в среднем от 30–40 до 55 % в верхних 50 см. Вскрытая мощность пылеватых суглинков составила 1.3–1.5 м. ПОП при проведении полевого обследования диагностированы как супесчаные и суглинистые озерно-ледниковые отложения. Необходимо отметить, что дерново-подзолистые почвы, сформированные на этих породах, имеют большую степень сходства по морфологическим характеристикам и строению с почвами того же таксона, развитыми на типичных лёссовидных суглинках перигляциальной зоны центра Русской равнины.

В качестве примера приведем строение агродерново-подзолистой постагрогенной глубокопахотной легкосуглинистой почвы (разрез В-383, рис. 3, табл. 1), приуроченной к средней части пологого (2°) склона юго-западной экспозиции. Почвенный профиль полностью сформирован на пылеватых субэразальных отложениях (рис. 2).

Группа II (менее представительная по сравнению с первой группой) объединяет почвы, развитые на дву-

членных почвообразующих породах: озерно-ледниковые супесчано-суглинистые отложения, подстилаемые мореной (рис. 2). В средней части профиля этих почв (на глубине 0.4–0.6 м) сформированы прослойки с преобладанием фракции крупной пыли. В почвах этой группы отсутствует скелетная фракция. Вероятно, литогенная матрица этих почв отражает сложный и динамичный процесс осадконакопления в позднеледниковье в пределах изученной территории. Наличие слоя пылеватых суглинков отражает кратковременный субэразальный перерыв в озерном осадконакоплении.

Группа III (имеет достаточно широкое распространение) включает разрезы на двучленных отложениях (пылеватые суглинки, подстилаемые мореной) с содержанием до 43 % крупнопылеватой фракции в верхней части двучлена (рис. 2). В отличие от описанных выше двух групп, в почвах данной группы верхняя пылеватая часть двучлена содержит скелетную часть, доля которой составляет до 9 %.

Таким образом, по данным гранулометрического анализа, первая группа почв по гранулометрическому составу в наибольшей степени обогащена фракциями крупной пыли и почвы этой группы в наибольшей степени соответствуют типу отложений, относящихся к лёссоидам.

Для выявления катенарной дифференциации почв этой группы нами был выбран ключевой участок (рис. 1), расположенный также в пределах девонской равнины, в зоне землепользования бывшего совхоза «Волна» Волосовского района Ленинградской области. На относительно небольшом по площади участке

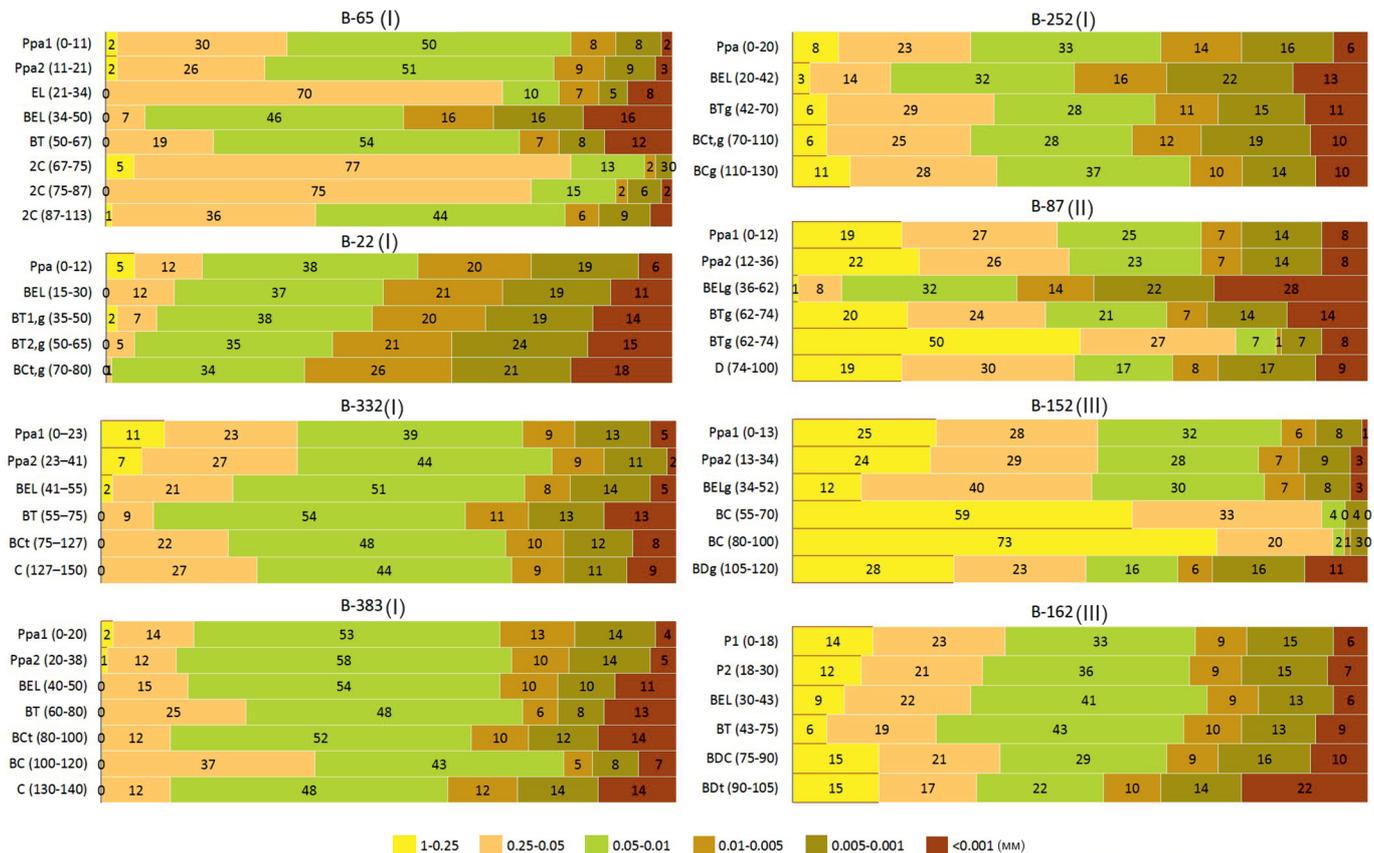


Рис. 2. Гранулометрический состав почв, литогенная матрица которых обогащена пылеватым материалом. Римскими цифрами обозначены группы почв по характеру профильного распределения гранулометрических фракций (пояснения в тексте)

Fig. 2. The granulometric composition of soils, the lithogenic matrix of which is enriched with large silty material. Roman numerals indicate groups of soils according to the character of the profile distribution of granulometric fractions (explanations are in the text)

(рис. 1) было выявлено большое литологическое разнообразие пород ледниковой формации. На долю моренных суглинков приходится 36 % от общей площади; на долю флювиогляциальных песков на морене — 27 %; на долю озерно-ледниковых пылеватых суглинков — около 21 %; на долю озерно-ледниковых глин и водно-ледниковых супесчаных отложений — около 10 %. Таким образом, пылеватые безвалунные отложения (которые до настоящего времени выделяются как озерно-ледниковые), занимают склоновые позиции; ареал этих отложений при близком подстилании морены занимает высокие гипсометрические отметки, что позволяет предположить их субаэральный генезис.

Высказанное выше предположение подтверждается данными буровых скважин по катене, приуроченной к склону юго-западной экспозиции в пределах девонской равнины (рис. 1, 4). Протяженность катены оставила 227 м, уклон — -0.015. В пределах катены было заложено двенадцать буровых скважин глубиной до 2.0 м и два разреза, один из которых — охарактеризованный выше разрез В-383 — соответствует скважине 1, заложённой в средней части склона (рис. 1, 4).

Данные бурения показали, что верхняя безвалунная однородная пылеватая суглинистая толща изученных разрезов (лессоиды) довольно выдержанна как по мощности (всегда больше 100 см и достигает 135—170 см), так и в латеральном протяжении по склону (рис. 4). Нижняя часть разрезов до глубины 2 м пред-



Рис. 3. Профиль агродерново-подзолистой постагрогенной глубокопахотной легкосуглинистой почвы (разрез В-383), полностью сформированный на пылеватых субаэральных отложениях (лессоидах)

Fig. 3. The profile of the Retisol aric (profile B-383), fully formed on loessoid deposits



Таблица 1. Описание почвенного профиля почвы (разрез В-383), сформированной на лёссах. Девонская равнина, Волосовский район, Ленинградская обл.

Table 1. Description of soil profile (section В-383) formed on loessoids. Devonian Plain, Volosovsky District, Leningrad Region

Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Морфологическое описание / Morphological description
Ppa1	0—20	Свежий, серый, легкосуглинистый, комковато-зернистый, уплотненный, корни растений, переход ясный, граница ровная Fresh, gray, light loamy, lumpy-granular, compacted, plant roots, clear transition, smooth boundary
Ppa2	20—38	Свежий, желтовато-светло-серый, легкосуглинистый, комковато-плитчатый, уплотненный, пятна запашки нижележащего горизонта светлые, корней меньше, переход резкий, граница ровная Fresh, yellowish-light gray, light loamy, lumpy-platy, compacted, light plowing spots of the underlying horizon, fewer roots, sharp transition, smooth boundary
BE1	38—58	Влажный, белесовато-желтовато-бурый, легкосуглинистый, ореховато-плитчатый, уплотненный, красноватые кутаны и белесоватые сiltаны, в нижней части белесовато-желтый материал, по ходам корней заполнение гумусовым материалом, переход ясный, граница волнистая Moist, whitish-yellowish-brown, light loamy, nutty-platy, compacted, reddish cutans and whitish silts, whitish-yellow material in the lower part, filled with humus material along root ducts, clear transition, wavy boundary
BT	58—80	Влажный, желтовато-красновато-бурый, плитчатый, плотный, пористый, буроватые кутаны по горизонтальным плоскостям, заклинки сизовато-белесого материала, красноватый девонский материал, переход заметный, граница ровная Moist, yellowish-reddish-brown, platy, Dense, porous, brownish coatings on horizontal planes, wedges of bluish-whitish material, reddish Devonian material, distinct transition, smooth boundary
BCt	80—100	Влажный, желтовато-бурый, с оливковым оттенком, плитчатый, локально пятна ожелезнения, красноватый материал во внутрипедной массе (фрагменты коренных пород девонского возраста), тонкие горизонтальные красные тяжелосуглинистые пластинки, прослойки белесого супесчаного материала, переход ясный, граница ровная Wet, yellowish-brown with an olive tint, platy, localized ferrugination spots, reddish material in the intraped mass (fragments of Devonian bedrock), thin horizontal red heavy loamy plates, interlayers of whitish sandy loam material, distinct transition, smooth boundary
BC	100—140	Влажный, белесовато-светло-бурый, опесчаненный легкий суглинок, плитчатый, менее плотный, тонкопористый, явная тонкая слоистость, слойки внутри плиток: более бурые и опесчаненные белесые слойки, блестки слюды Wet, whitish-light brown, sandy light loam, platy, less dense, finely porous, distinct fine stratification, laminae within the laminae: more brown and sandy whitish laminae, flecks of mica

ставлена красноватыми сортированными заиленными супесями, иногда чередующимися с тонкими прослойками пылеватого материала; изредка в основании разреза вскрывается среднезернистый сортированный песок. Суммарная мощность горизонтов BT составляет 85—115 см. В целом можно заключить, что, несмотря на склоновое расположение изученных текстурно-дифференцированных почв, варьирование морфологического строения их профилей выражено слабо.

В верхней части покровной толщи выделяется слой пылеватого легкого суглинка, мощность которого (суммарная мощность пахотных и элювиальных горизонтов) в пределах почв катены не превышает 44—52 см. Нижняя граница субэлювиального горизонта BE1 варьирует на глубине 45—64 см (в редких случаях опускается до 70—80 см). Наличие верхнего слоя свидетельствует в пользу финального этапа эоловой седиментации в позднеледниковье последнего оледенения.

По данным гранулометрического состава (лазерная дифрактометрия) (рис. 5), распределение фракций показало очень большую степень сходства литологических слоев в пределах верхней метровой толщи разрезов по скважинам. Во всех буровых профилях до глубины 80—100 см (за исключением скважин 8 и 13, приуроченных к подножию склона) преобладают частицы размером 25—40 мкм, при этом преимущественно представлена фракция крупной пыли (coarse silt, 16.0—31.0 мкм) и менее представлена фракция очень крупной пыли (very coarse silt, 31.0—63.0 мкм).

На глубине более 80—100 см выявлено сильное варьирование преобладающей фракции. При этом увеличивается только верхний предел варьирования (например, в скважине 13 на глубине 200 см доминирует фракция тонкого песка (fine sand, 125.0—250.0 мкм).

Показано, что во всех буровых скважинах до глубины 80—100 см на глубине отбора до 180—200 см

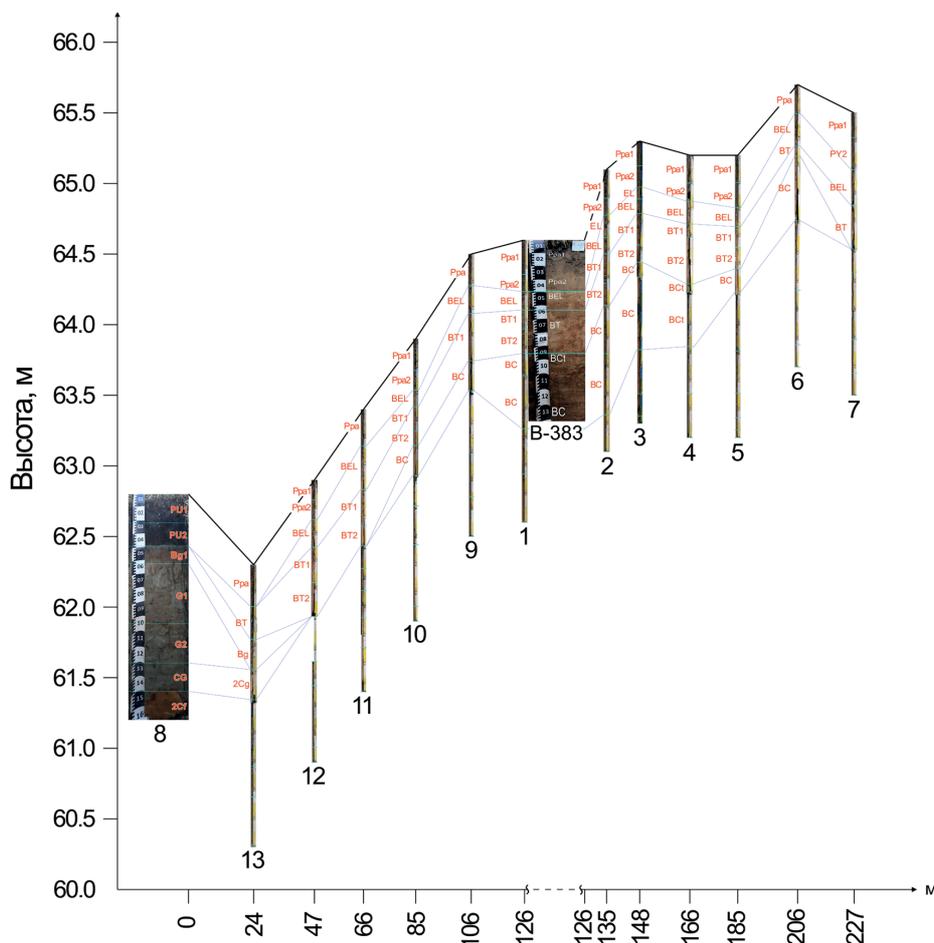


Рис. 4. Катена, приуроченная к склону юго-западной экспозиции в пределах девонской равнины (см. рис. 1), и буровые скважины, вскрывающие почвы, сформированные на лёссовидах

Fig. 4. The catena that is confined to the slope of the southwestern exposure within the Devonian plain (see Fig. 1) and drilling wells that open up soils formed on loessoids

содержание фракции крупной пыли (10–50 мкм) устойчиво превышает 30 %, при этом наиболее распространено содержание данной фракции порядка 50 % от всех частиц (рис. 6). В верхней части профиля наблюдается довольно низкая степень варьирования данного параметра между буровыми скважинами, тогда как с глубины 80–100 см наблюдается увеличение диапазона варьирования содержания фракции крупной пыли между точками отбора. В целом наблюдается тенденция к снижению содержания фракции крупной пыли в диапазоне глубин 100–200 см. К глубине 200 см в пяти скважинах содержание крупной пыли составило менее 30 %, что не характерно для лёссовидов. Таким образом, можно считать установленным фактом, что верхняя метровая толща обогащена крупнопылевой (крупноалевритистой) фракцией (0.05–0.01 мм) и, независимо от положения буровых скважин по катене и подстилания слоями, различающимися по гранулометрическому составу в нижней метровой толще, залегают плацеобразно.

В рамках обсуждаемой проблемы стоит привести материал по изучению свойств и строения уникальной целинной почвы, сформированной на локально перетолженных диктионемовых сланцах, перекрытых позднеледниковым осадочным чехлом. Разрез расположен на территории последнего оледенения в Ленинградской области (южное Приладожье) в долине р. Любши, правого притока р. Волхов (Русаков и др.,

2025). Аллохтонная часть (позднеледниковый нанос) характеризуется малой мощностью, наличием карбонатного обломочного материала и линзовидных включений глауконитовой супеси. Содержание крупнопылевой фракции и мелкого песка в поверхностном слое аллохтонной части разреза было заметно большим по сравнению с более глубокими горизонтами, что свидетельствует в пользу гипотезы поступления крупнопылевой и мелкочесчаной фракций в позднеледниковые эоловым путем. Морфолого-генетический анализ профиля почвы показал, что почвообразующей породой для данной почвы послужили диктионемовые сланцы, подвергшиеся локальному перемещению в раннем позднеледниковье. Это подтверждается также данными спорово-пыльцевого анализа нарушенных диктионемовых слоев в основании разреза, где диагностированы спектры с преобладанием тундровой растительности. Установлено, что толща сланцев подверглась криогенному растрескиванию, усиливающемуся от нижних горизонтов профиля к верхним. Почва развивалась в субэаральных условиях начиная с позднего неоплейстоцена.

Недавние исследования на территории Фенноскандии показали, что нижний возрастной предел активизации эолового осадконакопления ограничивается временем отступления фронта ледника (интервалы 14.4 и 13.8 тыс. л. н.) (Stroeven et al., 2016). По-видимому, полученные нами данные о нахождении лёссовидов

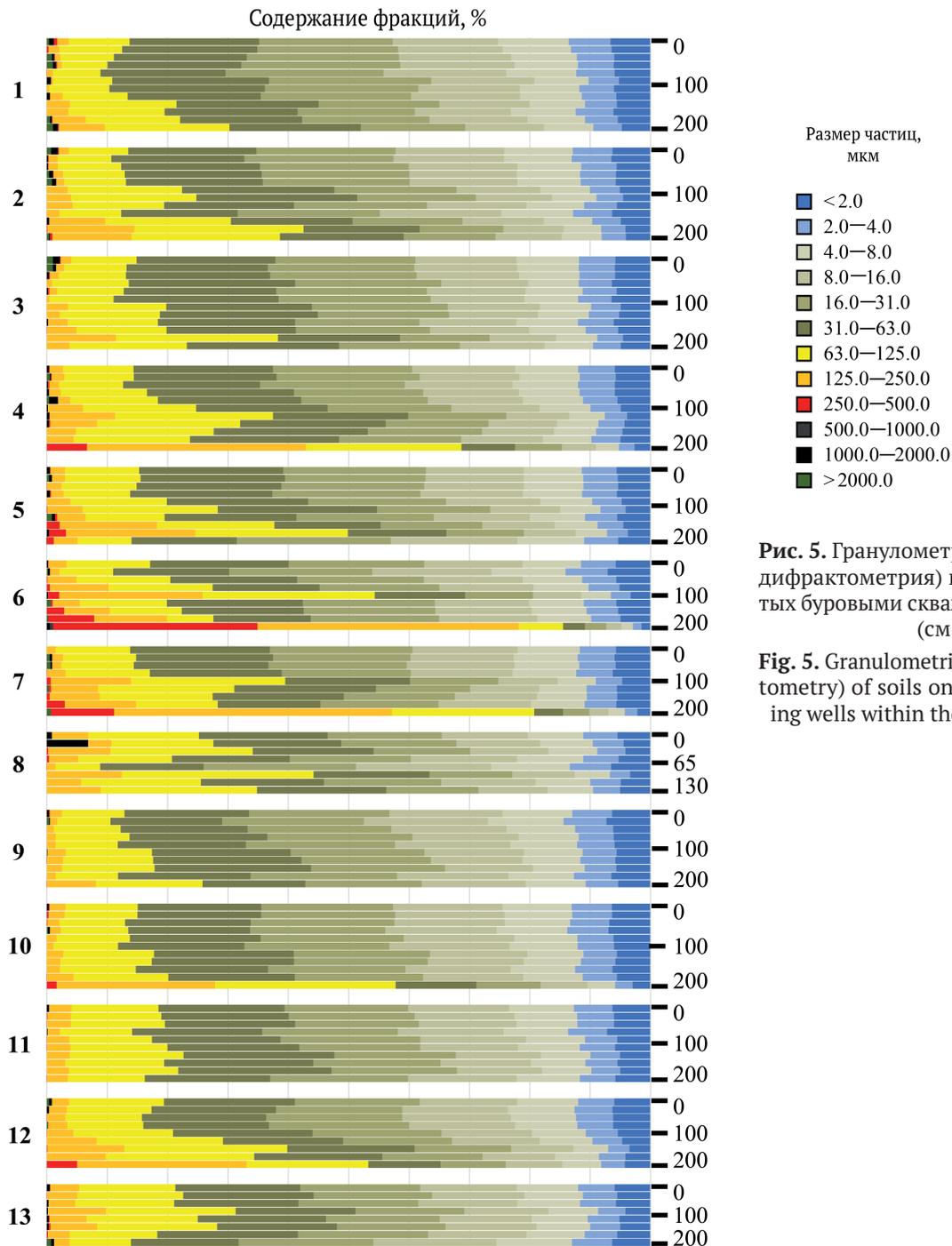


Рис. 5. Гранулометрический состав (лазерная дифрактометрия) почв на лёссах, вскрытых буровыми скважинами в пределах катены (см. рис. 1 и 4)

Fig. 5. Granulometric composition (laser diffraction) of soils on loessoids exposed by drilling wells within the catena (see Figs. 1 and 4)

вого наноса в верхней толще четвертичных отложений в гляциальной зоне укладываются в общую картину возможности принесения эолового материала в позднеледниковье. Так, в Юго-Западной Швеции (район Гетеборга) описаны маломощные (0.15—0.80 м) лёссовидные отложения с местным названием *flugto* с пятнистым распространением, залегающие поверх ледниковых отложений (Anna Hedeving et al., 2024). Согласно данным оптически стимулированного люминесцентного датирования верхнего слоя, упомянутые наносы, скорее всего, отложились вскоре после дегляциации 14 тыс. лет назад. В этой связи необходимо отметить поразительное сходство в распределении гранулометрических фракций, полученных шведскими исследователями (Anna Hedeving et al., 2024) для верхней толщи лёссовидов, с нашими данными (рис. 6). Это сов-

падение особенно значимо, если принять во внимание значительное расстояние (около 1000 км) между районами исследований, но они расположены близко в широтных пределах и маркируют финальные стадии деградации Скандинавского ледникового щита.

Заключение

Наши исследования показали, что маломощный (50—100 см) плащ субаэральных отложений (*aeolian drape*, лёссоиды) распространен в зоне последнего позднеледникового оледенения. В составе литоматрицы почвенного профиля он формирует облегченную по гранулометрическому составу часть текстурно-дифференцированного профиля и подстилается породами различного генезиса (морены, водно-

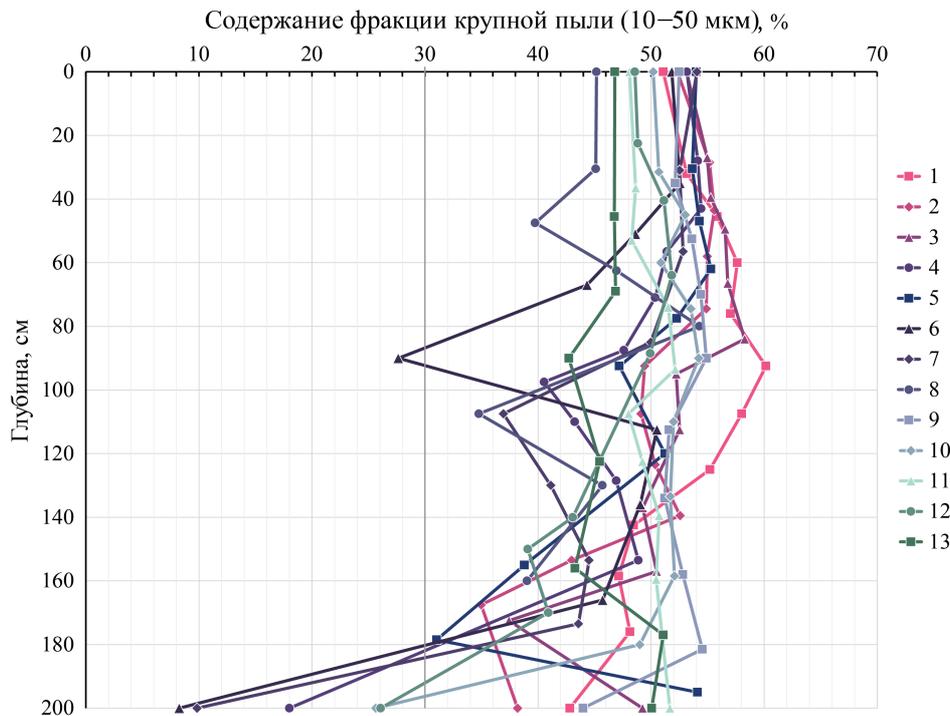


Рис. 6. Распределение фракции крупной пыли в пределах вскрытой 2-метровой толщи отложений по скважинам в пределах катены (см. рис. 1 и 4)

Fig. 6. The distribution of the large silt fraction within the exposed 2-meter sediment layer along the wells within the catena (see Figs. 1 and 4)

ледниковые суглинки и др.). Ранее лёссовиды не выделялись в составе почвенного профиля.

Ландшафтная приуроченность и ареал этих отложений нуждаются в дальнейшем исследовании. Эоловая седиментация могла быть приурочена к «микроперигляциальным» зонам, формировавшимся при поэтапном отступании ледника.

Таким образом, представленный фактический материал по пылеватым безвалунным отложениям северо-запада Русской равнины требует дальнейшего углубленного исследования с привлечением специалистов смежных дисциплин.

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

Литература / References

- Астахов В. И. Лёссовиды и другие индикаторы северного перигляциала // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 2. С. 5–33. URL: <https://doi.org/10.31857/S2949178924020018>
- Astakhov V. I. Loessoids and other indicators of the northern periglacial zone. *Geomorphology and paleogeography*, 2024, V. 55, No. 2, pp. 5–33. (in Russian)
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.
- Classification and diagnostics of soils of Russia. Smolensk: Oikumena, 2004, 235 p. (in Russian)
- Растворова О. Г. Физика почв (практическое руководство). Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 196 с.
- Rastvorova O. G. Soil physics (practical guide). Leningrad: Leningrad State University Press, 1983, 196 p. (in Russian)

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. 2025. № 4. С. 449–463. DOI: 10.31857/0032180X25040028

Rusakov A. V., Nikonov A. A., Sedov S. N., Savelyeva L. A., Popov A. I., Zazovskaya E. P. Stratified soil on dictyonema shales in the area of the last glaciation (southern Ladoga region): properties, paleogeographic interpretation and radiocarbon dating issues. *Soil Science*, 2025, No. 4, pp. 449–463. (in Russian)

Hedeving A., Ekström F., Johnson M. D., Alexander-Hedeving H., Baykal Y. and Stevens T. Thin loess in Southwestern Sweden. 2024. *GFF* 145(3–4). P. 182–201. DOI: 10.1080/11035897.2024.2326208

Stroeven A.P., Hätteland C., Heyman J. Deglaciation of Fennoscandia // *Quaternary Science Reviews*. 2016. Vol. 147. P. 91–121.

Muhs D. R. et al. Loess origin, transport, and deposition over the past 10,000 years Wrangell-St. Elias National Park, Alaska. // *Aeolian Research*. 2013. Vol. 11. P. 85–99.

Miao X. et al. Loess record of dry climate and aeolian activity in the early-to mid-Holocene, central Great Plains, North America // *The Holocene*. 2005. Vol. 15(3). P. 339–346.

Raukas A. Evolution of aeolian landscapes in north-eastern Estonia under environmental changes // *Geographia Polonica*. 2011. Vol. 84 (Special Issue Part 1). P. 117–126.

Поступила в редакцию / Received 02.11.2025



Палеоантракологический анализ в исследовании позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики

Л. И. Лазукова^{1,2}, К. Г. Филиппова¹, О. А. Дружинина²

¹ Институт географии РАН, Москва, Россия
lazukova@yandex.ru, xenia.filippova@igras.ru

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
olga.alex.druzhinina@gmail.com

В статье представлены результаты палеоантракологического анализа позднеледникового разреза Куликово (Юго-Восточная Прибалтика, Калининградская область). Палеоантракологический анализ предложен как новый методический подход в изучении проблемы присутствия древесных пород в позднеледниковой растительности. В ходе анализа образцов выявлены 22 морфотипа макроуглей, среди которых выделяются индикаторы древесной (хвойной и лиственной) растительности. Полученные результаты указывают на почти непрерывное локальное присутствие древесных пород на изученной территории уже со среднего дриаса (не позднее ~13 980 кал. л. н.). Этот вывод хорошо согласуется с имеющимися палинологическими данными, свидетельствующими, что процентное содержание древесных пород начиная с конца среднего дриаса и примерно до 12.5 тыс. л. н. (первая треть позднего дриаса) не опускается ниже 50 %, а на значительном протяжении изученного интервала достигает 70–80 %. Палеоантракологический анализ может быть как независимым методом, так и важным дополнением к реконструкции позднеледниковой и раннеголоценовой растительности по спорово-пыльцевым данным.

Ключевые слова: палеоантракология, древесная растительность, палинология, Юго-Восточная Прибалтика, позднеледниковье

Paleoanthracological analysis in the study of Late Glacial vegetation of the South-Eastern Baltic

L. I. Lazukova^{1,2}, K. G. Filippova¹, O. A. Druzhinina²

¹ Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

² Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

The article presents results of a paleoanthracological analysis of the Kulikovo Late Glacial section (South-Eastern Baltic, Kaliningrad Region). The paleoanthracological analysis is proposed as a new methodological approach to study the presence of woody taxa in Late Glacial vegetation. The analysis of the samples reveal 22 macrocharcoal morphotypes, including indicators of woody (coniferous and deciduous) vegetation. The obtained results indicate an almost continuous local presence of woody species in this area since the Older Dryas (no later than ~13,980 cal yr BP). This conclusion is consistent with available palynological data, indicating that the percentage of woody taxa from the end of the Older Dryas until approximately 12.5 ka does not fall below 50 %, and over a significant part of the studied interval, it reaches 70–80 %. The paleoanthracological analysis can serve as both an independent method and an important addition to the reconstruction of Late Glacial and early Holocene vegetation based on palynological data.

Keywords: paleoanthracology, woody vegetation, palynology, southeastern Baltic, Late Glacial

Введение

Палеоантракологический анализ — это анализ содержания, концентрации и типов макроскопических частиц угля в отложениях озер и болот. Большинство исследователей этот метод используется для изучения истории пожарной активности, воссоздания долгосрочных изменений в возникновении пожаров, он дополняет и расширяет реконструкции, полученные на основе палинологических, дендрохронологических и исторических данных (Whitlock, Larsen, 2002; Куприянов, Новенко, 2021). В качестве инструмента для изучения истории пожаров методика изучения макроуглей разрабатывается с 80-х годов XX века (Tolonen, 1986; Patterson et al., 1987; Clark, 1988; MacDonald et al., 1991).

Кроме реконструкции пожарной активности в прошлом дополнительную палеоэкологическую информацию можно получить путем классификации морфологии частиц угля. Так, например, идентификация сгоревшего материала — древесины, листьев, игл хвойных, травы — является ценным источником информации для палеоботанических реконструкций. В настоящее время для этих целей используется классификация макроуглей С. J. C. Mustaphi и М. F. J. Pisarcic (2014). Она разработана по итогам наблюдения > 100 000 макроскопических фрагментов угля размером более 0.15 мм, полученных при исследовании голоценовых отложений озер, расположенных в зоне смешанных

Для цитирования: Лазукова Л. И., Филиппова К. Г., Дружинина О. А. Палеоантракологический анализ в исследовании позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики // Вестник геонаук. 2025. 12 (372). С. 31–36. DOI: 10.19110/geov.2025.12.4

For citation: Lazukova L. I., Filippova K. G., Druzhinina O. A. Paleoanthracological analysis in the study of Late Glacial vegetation of the South-Eastern Baltic. Vestnik of Geosciences, 2025, 12 (372), pp. 31–36, DOI: 10.19110/geov.2025.12.4

и хвойных лесов умеренного пояса. Классификация описывает 27 вариаций макроскопической морфологии древесного угля.

Предполагается, что более крупные частицы древесного угля (длиной более 50 мкм, называемые макроскопическим углем), вероятно, не попадают во взвешенное состояние при нормальной скорости ветра, и если они находятся во взвешенном состоянии, будут перемещаться на гораздо более короткие расстояния, чем древесный уголь, обычно встречающийся в пылевых препаратах. Согласно исследованиям J. S. Clark (1988), эти более крупные частицы древесного угля отражают режим пожара в водосборном бассейне седиментационной ловушки (озера или болота). Расстояние распространения макроугля зависит от интенсивности пожара, площади, охваченной пожаром, и условий, благоприятных для переотложения, и составляет десятки — сотни метров, в некоторых случаях 10—20 километров (Higuera et al., 2007). Таким образом, изучение типа сгоревшего материала, основанное на исследовании макроуглей, отражает его локальные источники, т. е. локальную растительность.

Эти особенности метода палеоантракологического анализа были использованы нами с целью исследования локальной позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики. Проведенные здесь за последние два десятилетия палеоботанические исследования показали, что позднеледниковая растительность этой территории претерпевала многочисленные изменения. Региональные спорово-пыльцевые данные свидетельствуют, что позднеледниковая растительность Юго-Восточной Прибалтики была представлена пионерными травяными и кустарничковыми сообществами в раннем дриасе (16—14.7 тыс. л. н.); редколесьями или «парковыми» сосново-березовыми лесами в беллинге и сосново-березовыми лесами с более густым покровом в аллереде (14.7—12.9 тыс. л. н.); увеличением доли тундровых сообществ во время похолодания в среднем дриасе (14.1—14.0 тыс. л. н.), как, например, в более северных районах Прибалтики, и сокращением густоты древесного покрова в позднем дриасе (12.9—11.7 тыс. л. н.) (Wachnik, 2009; Veski et al., 2012).

При изучении эволюции позднеледниковой растительности особого внимания заслуживает вопрос о появлении древесных пород. Кроме влияния на микроклимат, физико-химические свойства почвенного покрова, интенсивность поверхностной эрозии, режим поверхностного стока, наличие древесной растительности является прямым показателем климатической ситуации.

Самым обширным источником сведений о динамике древесного покрова являются палинологические данные. В Прибалтике пыльца древесных пород (*Pinus*, *Betula*, *Salix*, *Picea*) фиксируется уже 16—14.7 тыс. л. н. (Druzhinina et al., 2025b). Однако открытость окружающего ландшафта, сильные ветры, предполагаемые для определенных периодов позднеледниковья, могли стать причиной присутствия некоторого количества заносной пыльцы в региональных спектрах. В результате использование в палеореконструкциях только палинологической информации может приводить к пере- или недооценке роли древесного покрова в позднеледниковых ландшафтах. Для верификации и дополнения палинологической информации существу-

ют другие категории палеоботанических данных, такие как фитолиты или растительные макро- и микро-остатки (фрагменты эпидермиса, древесина, кора, хвоя и т. п.). В качестве нового методического подхода в изучении проблемы появления древесных пород на позднеледниковых пространствах нами предлагается использование палеоантракологического анализа, и конкретно определение типа сгоревшего материала.

В 2022—2024 гг. в Калининградской области начато комплексное изучение позднеледниковой разреза Куликово. Разрез надежно датирован, проведено комплексное литологическое и палинологическое исследование отложений на микростратиграфическом уровне, каждые 1—3 см по видимой слоистости осадка (Druzhinina et al., 2025a, 2025b). Полученные результаты показали уникальность разреза: толщина мощностью 192 см охватывает временной интервал 14.1—12.5 тыс. л. н. и позволяет с высокой степенью детальности реконструировать природные особенности данного периода времени. В статье рассматриваются первые результаты палеоантракологического анализа разреза и их значение для решения вопроса о присутствии древесных пород в позднеледниковых ландшафтах.

Материалы и методы

Разрез Куликово расположен на западе Калининградской области, в береговом обрыве Самбийского полуострова (54°56' N, 20°21' E) (рис. 1). Рельеф этой территории сложен и представлен холмистыми и холмистогрядовыми конечно-моренными участками, чередующимися с плоскими и слабоволнистыми моренными и озерно-ледниковыми равнинами. Современная растительность представлена луговыми, болотными и лесными сообществами. Типы почв, характерные для данной территории, — это болотные низинные перегнойно-торфяные, подзолистые и бурые лесные. Климат переходный от морского к континентальному (t января -4.5 °C; t июля $+17.5$ °C) (Географический..., 2002).

В ходе палеоантракологического анализа проведен подсчет и идентификация макроскопических (линейные размеры > 100 мкм) частиц угля в 66 образцах. Методика включала: 1) обработку грунта 9 % раствором перекиси водорода H_2O_2 ; 2) промывание осадка на сите с диаметром ячейки 0.1 мм (рис. 2); 3) подсчет частиц макроуглей, который был выполнен на бинокулярном микроскопе MOTIC SMZ-168 при 20-кратном увеличении; 4) определение типа карбонизированного материала. Классификация углей по морфотипам и определение сгоревшего материала проводились согласно С. Mustaphi и М. Pisaric (2014). Морфологические типы выделены по форме: А — многоугольные, В — блоки и прямоугольники, С, D — удлиненные, Е — сферидальные, F, G — неправильной и стеклообразной формы. Кроме геометрических параметров описываются структурные и текстурные особенности: частицы угля могут быть простыми, бороздчатыми, содержащими пустоты, с решетчатой структурой, с прожилками и т. д.

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ выявил 22 морфотипа макроуглей (рис. 3). В целом разнообразие морфотипов возрастает от более глубоких слоев к поверхности.



Рис. 1. Расположение объекта исследований — разреза Куликово. Внешний вид абразионного берега и расчистки разреза
Fig. 1. Location of the study area — Kulikovo section. View of the abrasion bank and section clearing

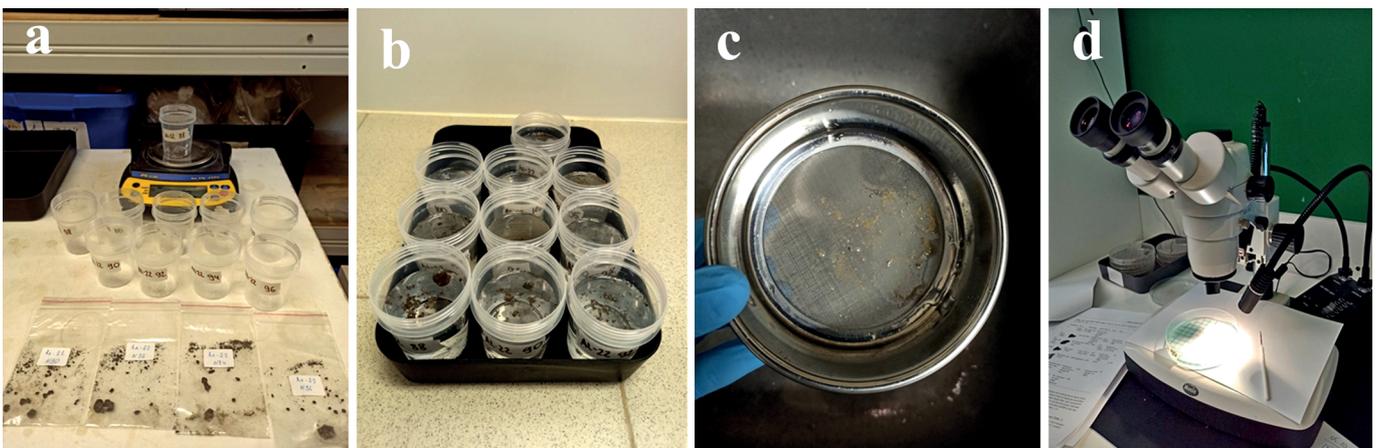


Рис. 2. Методика палеоантракологического исследования образцов разреза Куликово: а — отбор образцов и взвешивание навесок; б — добавление 9 % раствора перекиси водорода; с — ситование с диаметром ячейки 0.1 мм; д — определение макроуглей на микроскопе MOTIC SMZ-168 при 20-кратном увеличении
Fig. 2. Methodology for paleoanthracological studies of samples from the Kulikovo section: a — sample collection and weighing; b — addition of 9 % hydrogen peroxide solution; c — sieving with a 0.1 mm mesh size; d — determination of macrocharcoal using a MOTIC SMZ-168 microscope at 20x magnification



Глубина, м	Возраст, кал. л. н.	Период	Номер образца	Тип макроуглей	Интерпретация			
0		ПОЗДНИЙ ДРИАС	124	нет				
			122	A3, C3, D1, D2	Листья однодольных, листья, веточки, древесина, гнилая древесина			
			120	C3, C6, D1	Веточки, листья, древесина, стебли листьев, корни трав			
			118	B1, C3, C5, D1, D2	Листья, древесина, веточки, прожилки листьев			
			116	A3, A4, C3	Гнилая древесина, листья, веточки			
			115	F1	Корни			
			113	нет				
			112	B2, D3	Злаки, древесина			
			110	A2, B1, C3	Травянистый материал, древесина, веточки			
			108	B1, C3, D1, D3	Листья, веточки, злаки, древесина			
0.45	-12770±240	ПОЗДНИЙ ДРИАС	106	A2, A3, B1, C3, C6, C7, D2, E3	Древесина, веточки, корни, тонкие стебли, травянистый материал, гнилая древесина, листья, смола/семена?			
			105	A2, A3, B1, C3, D1, D2, D3	Листья, древесина, веточки, гнилая древесина, смола/семена?			
			102	A4, B1, B2, C3, D3, E3	Злаки, древесина, веточки, листья, смола/семена?			
			100	B1	Древесина			
			98	B1, B2, B4, C3, D1, D2	Веточки, листья однодольных, листья, древесина, злаки			
			96	A3, B1, C5, D1, D2	Прожилки листьев, древесина, листья однодольных			
			0.52		АЛЛЕРЁД	94	A3, C3, D1	Веточки, листья однодольных, гнилая древесина, листья
						92	A3, B1, C7, D2, D3, G1	Древесина, корни, тонкие стебли, смола/семена/фитолиты, листья, злаки, гнилая древесина
						90	A2, A3, C4, D2	Листья, травянистый материал, гнилая древесина, веточки
						88	D3	Злаки
86	D1, D3	Листья однодольных, злаки						
84	B1	Древесина						
82, 80, 78	нет							
76	D1	Листья однодольных						
74	A2	Травянистый материал						
72	A1, B1, B2	Древесина, злаки						
1.06	-13100±160	АЛЛЕРЁД	70	A1, B1, D2, E3	Древесина, листья, смола/семена?			
			68	A1, B1, B2, C1, E3	Древесина, хвоя, листья, смола/семена?			
			66	нет				
			65	D1, E3	Листья однодольных, смола?			
			63	D1	Листья однодольных			
			60	нет				
			58	A2, E3	Травянистый материал, смола/семена?			
			56	A3, B1, B2, B5, D1, G1	Смола/семена?, листья однодольных, хвоя, травы, древесина, злаки			
			53, 51	нет	В обр. 53 много ракуши			
			50	B1	Древесина			
1.63	-13690±130	АЛЛЕРЁД	48	A3, A4	Гнилая древесина, листья			
			46	E3	Смола/семена?			
			44	B1, D1, E3	Листья однодольных, смола/семена?, древесина			
			42	D2, E1	Листья, смола?			
			40	A3, B3, E1, E3, E3	Смола/семена?, листья, гнилая древесина, прожилки листьев			
			38	A1, E3	Смола/семена?, древесина			
			35	E1	Смола/семена?			
			33	B2, E2	Древесина, листья злаков, смола?			
			31	нет				
			29	A2, B2	Травянистый материал, древесина, злаки			
1.72		СРЕДНИЙ ДРИАС	27	B2, E3	Древесина, злаки, смола/семена?			
			25	A3, B1, D1	Листья однодольных, древесина, гнилая древесина, листья			
			23	B4, E3	Смола/семена?, листья (злаков)			
			21	A3, B2, E3	Древесина, листья злаков, смола/семена?, гнилая древесина, листья			
			19	C1, D2	Хвоя, листья			
			16	A3, C5	Гнилая древесина, листья, прожилки листьев			
1.86	-13960±140	СРЕДНИЙ ДРИАС	13	A2, A3, C1, C6, D1	Листья однодольных, гнилая древесина, листья, древесина, хвоя, стебли листьев, корни			
			12	нет				
			11	E3	Смола/семена?			
			10	A3, B3, C5	Древесина, листья, гнилая древесина, прожилки листьев			
			9, 8	нет				
			6	A3	Гнилая древесина			
1.92	-14040±160	СРЕДНИЙ ДРИАС	5	A3	Гнилая древесина			
			4	B3, E1	Древесина, листья, прожилки листьев, семена?			
			3-1	нет				

Рис. 3. Результаты палеоантракологического анализа разреза Куликово
 Fig. 3. Results of paleoanthracological analysis of the Kulikovo section

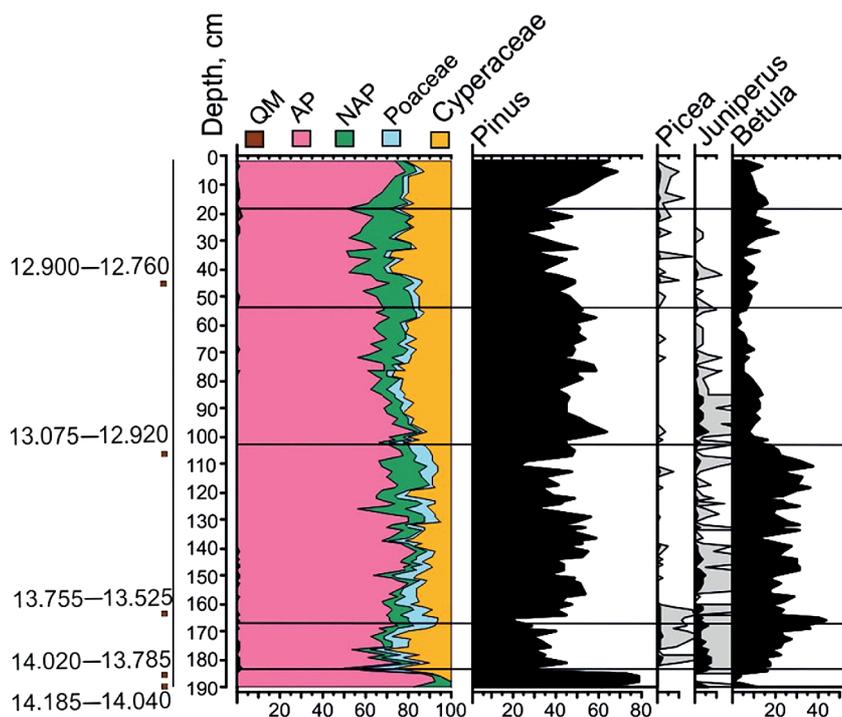


Рис. 4. Фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы разреза Куликово (по Druzhinina et al., 2025b)

Fig. 4. Fragment of the spore-pollen diagram of the Kulikovo section (after Druzhinina et al., 2025b)

Первое появление индикаторов древесной растительности зафиксировано в образце 4, соответствующем интервалу 13 980 кал. л. н. Максимальное количество и наибольшее разнообразие частиц древесного угля обнаружено в отложениях, соответствующих двум временным отрезкам: около 13 260 и 12 770 кал. л. н. (рис. 3). В наибольшем количестве представлены морфотипы: B1 — 39 углей (форма — объемные блоки, предполагаемый источник топлива — древесина); D1 — 33 угля (тонкие и длинные, листья однодольных, древесина); A3 — 24 угля (монокотилеидные многоугольники, гнилая древесина, листья); C3 — также 24 угля (длинные, тонкие, поверхность с зазубринами, веточки). Встречены также морфотипы D2 (17 углей), E3 (11 углей), B2 (10 углей). В 16 образцах угли отсутствуют.

Одной из задач нашего исследования было сопоставление и сравнение данных, полученных методом спорово-пыльцевого анализа и методом изучения макроуглей в отложениях. Как было сказано выше, палинологические данные являются самым обширным источником сведений о динамике древесного покрова в позднеледниковье. На рисунке 4 представлен фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы, отражающей результаты палинологического исследования разреза Куликово — той части, которая показывает процентное содержание древесных пород в целом и главных древесных пород позднеледниковья Прибалтики — сосны и березы. Проведение палинологического анализа на микростратиграфическом уровне (каждые 1–3 см разреза) позволило воссоздать подробную картину динамики древесного растительного покрова. Результаты показывают, что процентное содержание древесных пород начиная с конца среднего дриаса и примерно до 12.5 тыс. л. н. (первая треть позднего дриаса) не опускается ниже 50 % AP + NAP, а на значительном протяжении изученного интервала достигает 70–80 %. Сходная ситуация с близким процентным соотношением древесных пород (от 60 до 80 %) наблюдается и по результатам палинологического изучения

других палеоархивов Калининградской области — оз. Камышовое (Druzhinina et al., 2015), торфяников Утиное, Самбийский и региона (Wachnik, 2009). Полученные процентные соотношения свидетельствуют не только о присутствии древесных таксонов в составе позднеледниковой растительности на протяжении всего периода времени от 14–12.5 тыс. л. н., но и о значительной роли древесных пород в составе растительного покрова всего Прибалтийского региона.

Данный вывод хорошо подтверждается данными палеоантракологического анализа. Макроугли — индикаторы древесной растительности — обнаружены уже в самых нижних образцах разреза. Это свидетельствует о локальном присутствии древесной растительности в регионе не позднее 13 980 кал. л. н. В исследованных образцах с содержанием углей индикаторы древесной (хвойной и лиственной) растительности обнаружены в большинстве (в 39 из 51) и в целом по всей толще разреза. Выделяются лишь несколько коротких интервалов, где древесный материал не обнаружен. В разрезе Куликово самый продолжительный из них охватывает 13095 — 13230 кал. л. н., что совпадает с холодным событием GI-1b — осцилляцией Герцензее.

Выводы

В результате палеоантракологического анализа установлено присутствие древесных пород в Юго-Восточной Прибалтике не позднее 13 980 кал. л. н. Индикаторы древесной (хвойной и лиственной) растительности обнаружены в большинстве образцов по всей толще разреза Куликово в интервале 14.0–12.5 тыс. л. н. Результаты палеоантракологического и палинологического анализов хорошо согласуются и указывают на присутствие древесных таксонов в составе позднеледниковой растительности в указанный период времени, а также на значительную роль древесных пород в составе растительного покрова. Палеоантракологический анализ может служить как независимым мето-



дом, так и важным дополнением к реконструкции позднеледниковой и раннеголоценовой растительности по спорово-пыльцевым данным.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 22-17-00113 — П, <https://rscf.ru/project/22-17-00113>.

Литература / References

Географический атлас Калининградской области / Гл. ред. В. В. Орленок. Калининград: Издательство КГУ, ЦНИТ, 2002. 276 с.

Geographical atlas of the Kaliningrad region. Ed. V. V. Orlenok, Kaliningrad: KSU, CNIT, 2002, 276 p. (in Russian)

Куприянов Д. А., Новенко Е. Ю. Реконструкция истории лесных пожаров в южной части Мордовского заповедника в голоцене по данным анализа макроскопических частиц угля в торфе // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смирдовича. 2021. Вып. 26. С. 176—192.

Kupriyanov D. A., Novenko E. Yu. Reconstruction of the history of forest fires in the southern part of the Mordovian Nature Reserve in the Holocene based on the analysis of macroscopic coal particles in peat. Proceedings of the Mordovian State Nature Reserve named after P. G. Smirnovich, 2021, 26, pp. 176—192. (in Russian)

Clark J. S. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling // *Quat. Res.* 1988. Vol. 30. P. 67—80.

Druzhinina O., Skhodnov I., van den Berghe K., Filippova K. Allerød-Younger Dryas Boundary (12.9—12.8 ka) as a “New” Geochronological Marker in Late Glacial Sediments of the Eastern Baltic Region. *Quaternary* 2025. Vol. 8. P. 28. <https://doi.org/10.3390/quat8020028>

Druzhinina O., Rudinskaya A., Lazukova L., Skhodnov I., Burko A., van den Berghe K. “Thermophilous” Trees in the Late-glacial Vegetation of the Eastern Baltic: New Questions for an Old Issue. *Forests* 2025. Vol. 16. P. 1336. <https://doi.org/10.3390/f16081336>

Druzhinina O., Subetto D., Stančikaite M., Vaikutiene G., Kublitsky J., Arslanov Kh. Sediment record from Kamyshovoe Lake,

Kaliningrad Region: new data on history of vegetation in the late Pleistocene — early Holocene // *Baltica*. 2015. Vol. 28 (2). P. 121—134.

Fiłoc M., Kupryjanowicz M., Suchora M., Luoto T., Nevalainen L. Late-Weichselian (Vistulian) environmental changes in NE Poland — Evidence from Lake Suchar Wielki // *Catena*. 2024. Vol. 234. P. 107546.

Higuera P. E., Peters M. E., Brubaker L. B., Gavin D. G. Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model // *Quaternary Science Reviews*. 2007. Vol. 26. P. 1790.

MacDonald G. M., Larsen C. P. S., Szeicz J. M., Moser K. A. The reconstruction of boreal forest fire history from lake sediments: a comparison of charcoal, pollen, sedimentological, and geochemical indices // *Quat. Sci. Rev.* 1991. Vol. 10. P. 53—71.

Mustaphi C. J. C., Pisaric M. F. J. A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments // *Progress in Physical Geography*. 2014. P. 1—21.

Patterson W. A., Edwards J., MacGuire D. J. Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire // *Quat. Sci. Rev.* 1987. Vol. 6. P. 3—23.

Veski S., Amon L., Heinsalu A., Reitalu T., Saarse L., Stivrins N., Vassiljev J. Lateglacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14,500 and 11,400 cal yr BP: A complete record since the Bølling (GI-1e) to the Holocene. *Quat. Sci. Rev.* 2012. 40. P. 39—53.

Tolonen K. Charred particle analysis // In: Berglund, B. E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley and Sons, Ltd. New York. 1986. P. 485—496.

Wachnik A. Vegetation development in the Lake Miłkowskie area, North-Eastern Poland, from the Plenivistulian to the late Holocene. *Acta Palaeobot.* 2009. 49. P. 287—335.

Whitlock C., Larsen C. P. S. Charcoal as a Fire Proxy // In book: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators (Vol. 3)* Editors: J. P. Smol, H. J. B. Birks, W. M. Last. Dordrecht: Kluwer Academic. 2002. P. 76—97.

Поступила в редакцию / Received 31.10.2025



Новые данные по морфологии малых озёр Заонежского полуострова (Онежское озеро, Карелия)

М. С. Потахин^{1,2}, А. В. Орлов^{1,2}, Д. А. Субетто²

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

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

В статье рассмотрены морфологические особенности не изученных ранее малых озёр, расположенных на юго-востоке Карелии в пределах историко-географического района Заонежье (Заонежский полуостров, Онежское озеро). Морфология представляет собой наиболее значимое отражение процессов формирования озёрных котловин и является определяющей для функционирования водных экосистем на современном этапе, т. к. напрямую влияет на разнообразные лимнические процессы (термические, гидрохимические, седиментационные и др.). Морфологические черты водоёмов находят выражение через морфометрические характеристики и вычисляемые на их основе показатели. В ходе экспедиционных работ нами были проведены геоморфологическое обследование береговой зоны и батиметрическая съёмка 10 малых озёр Заонежья. Основные характеристики озёр идентифицировались по топокартам и космоснимкам, показатели вычислялись в соответствии с принятыми методическими указаниями. Показано, что исследованные водоёмы отличаются разнообразием морфометрических параметров, которое в значительной степени объясняется различием протекания процессов озёрного морфолитогеоза. С учетом данных по ранее изученным озёрам выделено 4 морфогенетических типа водоёмов, их основные характеристики и показатели приводятся в статье.

Ключевые слова: озёрные котловины, морфометрические характеристики, морфолитогеоз, Заонежский полуостров, Онежское озеро

New data on morphology of small lakes of the Zaonezhskiy Peninsula (Lake Onego, Karelia)

M. S. Potakhin^{1,2}, A. V. Orlov^{1,2}, D. A. Subetto²

¹ Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia

² Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

The article examines morphological features of unstudied small lakes located in the south-east of Karelia within the historic-geographical region of Zaonezhye (the Zaonezhsky Peninsula, Lake Onego). Morphology is one of the most significant features that can characterize the nature of lakes. It largely determines the functioning of lake ecosystems, influencing various lacustrine processes (hydrophysical, hydrochemical, sedimentation, etc.). Morphological features of lakes are expressed through morphometric characteristics and indicators calculated on their basis. During field studies, we conducted geomorphological and bathymetric surveys of 10 small lakes. The morphometric characteristics were determined using satellite images and topographic maps. The horizontal and vertical dissection indicators were calculated in accordance with accepted methods. It has been shown that the studied lakes are distinguished by a diversity of morphometric characteristics. This diversity explained by differences in the features of morpholithogenesis of the lakes. Four morphogenetic types of small lakes were identified of the basis on the data from previous and contemporary studies. Lake types morphometric characteristics are presented in the article.

Keywords: lake depressions, morphometric characteristics, morpholithogenesis, Zaonezhsky Peninsula, Lake Onego

Введение

В России насчитывается более 2.8 млн озёр (Encyclopedia..., 2012), различных по происхождению, размерам, глубине, минерализации вод, трофическому статусу и многим другим лимнологическим характеристикам. Республика Карелия относится к субъектам РФ с наибольшей озёрностью, которая достигает здесь 21 % за счет более 60 тыс. водоемов площадью от 1 га (0.01 км²) (Озера..., 2013). При этом следует отметить, что всего только 1389 озёр Карелии имеют площадь более 1 км², а подавляющая часть представлена малыми, в том числе неучтенными водоёмами площадью менее 0.01 км².

Морфология выступает в качестве наиболее значимого признака, которым может быть охарактеризована природа водоёма, т. к. отражает особенности озёрного морфолитогеоза как совокупности процессов, которые формируют котловины озёр и преобразуют их при непосредственном участии рыхлых отложений в условиях динамичной среды и высокой энергии эндогенных и экзогенных процессов (Ефремов, 2003). Строение котловин напрямую сказывается на интенсивности внешнего и внутреннего водообмена озёр, на протекающих в них процессах (гидротермических, гидрохимических, гидробиологических и др.). Морфологические особенности водоемов выражаются че-

Для цитирования: Потахин М. С., Орлов А. В., Субетто Д. А. Новые данные по морфологии малых озёр Заонежского полуострова (Онежское озеро, Карелия) // Вестник геонаук. 2025. 12 (372). С. 37–45. DOI: 10.19110/geov.2025.12.5

For citation: Potakhin M. S., Orlov A. V., Subetto D. A. New data on morphology of small lakes of the Zaonezhskiy Peninsula (Lake Onego, Karelia). Vestnik of Geosciences, 2025, 12 (372), pp. 37–45, DOI: 10.19110/geov.2025.12.5

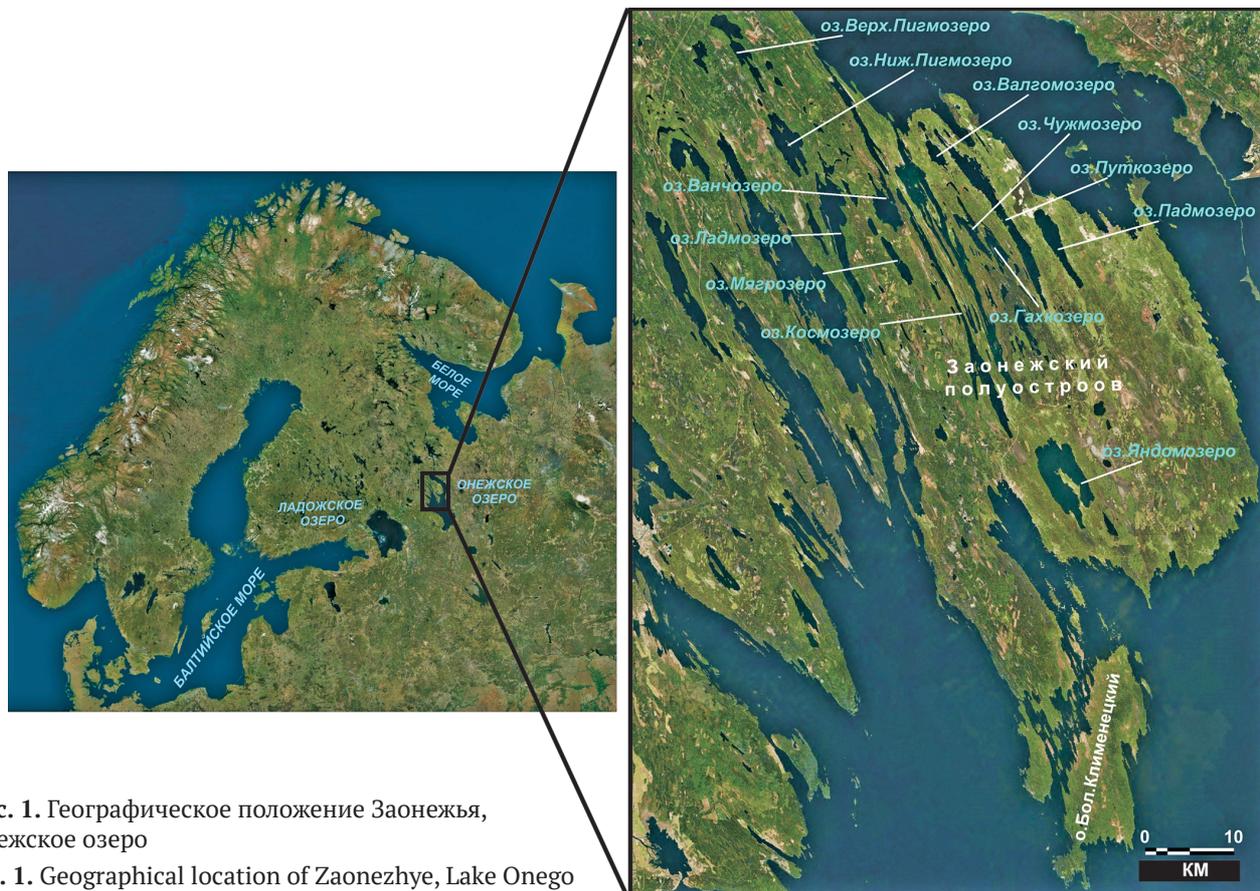


Рис. 1. Географическое положение Заонежья, Онежское озеро

Fig. 1. Geographical location of Zaonezhye, Lake Onego

рез их морфометрические параметры, включая длину, ширину, глубину и т. д. Эти базовые измерения позволяют определить производные показатели, такие как удлинённость, развитие береговой линии, форма озерной чаши и т. д. Их изучение имеет большое значение для понимания лимнологического режима, сравнения и классификации водоемов, например, по площади, глубине, форме и т. д. (Китаев, 1984).

Район и объекты исследования

Заонежье является историко-географическим районом Республики Карелия и располагается в её юго-восточной части. Район включает Заонежский полуостров площадью около 2000 км², являющийся крупнейшим полуостровом Онежского озера, а также ряд соседних полуостровов и островов, в том числе Кижский архипелаг и о. Кизи (Богданова, 2021) (рис. 1). Территория Заонежья выделяется в качестве самостоятельной единицы ландшафтного районирования по комплексу геолого-геоморфологических, климатических, геоботанических и др. факторов и условий (Сельговые..., 2013; Biogeography..., 2014 и др.). Также Заонежье выделяют в самостоятельный гидрографический район, который характеризуется развитой озёрно-речной сетью, насчитывающей более 50 водотоков и 250 водоёмов, озёрность его территории достигает 12 % (Григорьев, Грицевская, 1959). Специфика гидрографической сети определяется геолого-геоморфологическими особенностями и геологической историей.

Исследуемый район располагается на юго-востоке Фенноскандинавского кристаллического щита вблизи его контакта с Русской плитой, в пределах Северо-

Онежского (Онежского) палеопротерозойского (2.5—1.65 млрд лет) синклиория, залегающего на архейском (3.5—2.7 млрд лет) гранитогнейсовом фундаменте (Палеолимнология..., 2022). Для Заонежского полуострова характерна система складчато-разрывных нарушений северо-западного простирания, определяющая особенности его рельефа. Геоморфологические особенности территории определили преобладание аккумулятивного ледникового и водно-аккумулятивного рельефа на юго-востоке полуострова и денудационно-тектонического грядового (сельгового) рельефа на северо-западе (Демидов, 2005; Сельговые..., 2013). Современная гидрографическая сеть Заонежья начала формироваться в позднеледниковье (около 14 000 лет назад) по мере освобождения территории ото льда, образования и дальнейшего развития Онежского приледникового озера (Zobkov et al., 2019). Окончательно она оформилась только в голоцене (Палеолимнология..., 2022).

Научные исследования озёр Заонежья имеют более чем вековую историю. Экспедиционные изыскания на водоемах проводились партией Олонецкой научной экспедиции в 1920-е гг., Карельским отделением ГосНИОРХа в конце 1940-х гг., Карельским филиалом АН СССР в 1950—1980-е гг. (Фрейндлинг, Поляков, 1965; Озера..., 2013 и др.). Одним из итогов этих исследований стала публикация морфометрических данных по 12 крупнейшим водоемам: Яндомозеро (30.1 км²), Ладмозеро (24.0 км²), Путкозеро (21.1 км²), Космозеро (20.6 км²), Ниж. Пигмазеро (14.0 км²), Верх. Пигмазеро (10.4 км²), Падмозеро (10.0 км²), Ванчозеро (9.6 км²), Чужмозеро (5.6 км²), Гахкозеро (5.1 км²), Мягрозеро (5.0 км²), Валгомозеро (3.4 км²) (рис. 1) (Фрейндлинг,



Поляков, 1965). Начиная с 2010-х гг. Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН в рамках тем госзадания и грантов РФ проводятся исследования озёрных котловин и заполняющих их донных отложений. Ранее были опубликованы морфометрические характеристики семи малых водоёмов Заонежского полуострова (Потахин, 2017), в настоящей работе приводятся данные по 10 малым озёрам, изученным в 2021—2025 гг.

Озёра Заонежья отличаются разнообразием морфологических параметров, при этом можно выделить ряд закономерностей их строения и размещения (Потахин, 2023). Для северо-запада района, где преобладает денудационно-тектонический грядовый рельеф, характерно чередование узких длинных гряд-сельг и таких же понижений. В понижениях преимущественно расположены водоёмы, которые характеризуются вытянутой и конусообразной формой котловин, а также относительно большими глубинами. Они имеют тектоническое заложение, но так как их котловины были ориентированы по направлению движения ледника, то в значительной степени подверглись его экзарационному воздействию. Таким образом, котловины на этой территории могут быть охарактеризованы как водоёмы экзарационно-тектонического генезиса. На юго-востоке, где представлен ледниково-аккумулятивный и водно-аккумулятивный типы рельефа, озёра получили меньшее распространение (озёрность территории падает до 5 %). Здесь представлены водоёмы ледникового генезиса с простыми аккумулятивными котловинами, образовавшимися в понижениях между положительными формами ледникового рельефа, а также моренно-подпрудными и ледниково-просадочными котловинами. Их характеризуют простая, зачастую округлая или овальная форма котловин и относительно малые глубины.

Донные отложения, заполняющие озёрные котловины, также отличаются многообразием характеристик, однако имеют следующее генерализованное строение (Демидов, 2005; Hang et al., 2019; Палеоолимология..., 2022 и др.). На позднеплейстоценовых ледниково-озёрных отложениях (ленточные глины) мощностью от 1 до 3—4 и более метров залегают алевролиты (до 3 м), которые перекрываются толщей озёрных органо-минеральных и органических илов, иногда диатомитов, сформированных в голоцене. Мощность озёрных отложений может достигать 3—4 м, в редких случаях более 5 м. Таким образом, общая мощность ледниково-озёрных и озёрных отложений может достигать 10 метров и более.

Материалы и методы

Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН и Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена в рамках проектов РФ и тем госзадания с 2014 г. проводятся комплексные палеоолимологические исследования, включая геоморфологические обследования ряда озёр Заонежья, котловины которых в прошлом заливались водами Онежского приледникового озера (Палеоолимология..., 2022). Основной задачей этих исследований является реконструкция формирования и эволюции Онежского озера и прилегающих территорий со времени их по-

следней дегляциации (14 500—12 500 л. н.). Изучение осадков малых водоемов, расположенных вблизи Онежского озера, дает большой фактический материал для реконструкций развития Онежского приледникового озера в позднем неоплейстоцене — голоцене (Zobkov et al., 2019; Палеоолимология..., 2022). В течение пяти полевых сезонов (2021—2025 гг.) нами были выполнены морфологические исследования 10 водоёмов, расположенных в различных частях Заонежского полуострова (рис. 2).

Геоморфологические работы включали обследование береговых зон озёр и их батиметрическую съемку. Глубины фиксировались при помощи эхолота GARMIN echoMAP 50s с частотой излучателя 200 кГц и разрешающей способностью 0.1 м. Морфометрические характеристики, такие как координаты центра озера (ϕ и λ), высота уреза воды (Z), площадь водной поверхности (A), длина береговой линии (L_s), наибольшая длина (L_m), средняя (B_a) и наибольшая ширина (B_m), определялись по топокартам и космоснимкам. Объем воды (V), средняя (H_a) и максимальная глубина (H_m), а также показатели удлиненности (K_l), развития береговой линии (K_s), формы озёрной чаши (K_h) рассчитывались в соответствии с принятыми методическими указаниями (Догановский и др., 2017; Свод..., 2023 и др.).

Морфометрические характеристики и показатели позволяют оценить принадлежность озера к определенному классу. В настоящее время существует большое количество разнообразных морфометрических классификаций (Китаев, 1984). Например, при классификации озера по площади зеркала (A) популярность получила работа П. В. Иванова (1948), в которой представлено семь градаций водоемов, расположенных в геометрической прогрессии: от озерков размером менее 0.1 км² до великих озер размером более 10 000 км². По значению показателя удлиненности (K_l) озера подразделяются на пять групп (Григорьев, 1959): до 3 — округлые, 3—5 — овальные, 5—7 — овально-удлиненные, 7—10 — удлиненные, более 10 — вытянутые. По величине показателя формы (K_h) озерная котловина соотносится с цилиндром (1.0), полуэллипсоидом (0.67), параболоидом (0.50) или конусом (0.33) (Верещагин, 1930) и др.

Результаты

Изученные озёра расположены в различных частях Заонежья и образуют три группы (рис. 2). Первая группа находится на северо-западе района и включает Лавкозеро, Гангозеро (Уница), Палозеро и Великое (рис. 2, а), а также примыкающее к ним оз. Гангозеро (Диановы Горы). Вторая группа расположена в центре и включает Ниж. Мижозеро и Тютьозеро (рис. 2, б), а также оз. Иленгуба. Третья группа находится на юго-востоке и включает Полевское и Керацкое озёра (рис. 2, в). Все исследованные водоёмы относятся к озеркам, малым и очень малым озерам (Иванов, 1948), отличаются разнообразием морфометрических характеристик и показателей (табл. 1).

Водоёмы первой группы находятся на крайнем северо-западе Заонежья вблизи вершины Уницкой губы Онежского озера (рис. 2). Озёра расположены в пределах развития денудационно-тектонического грядово-

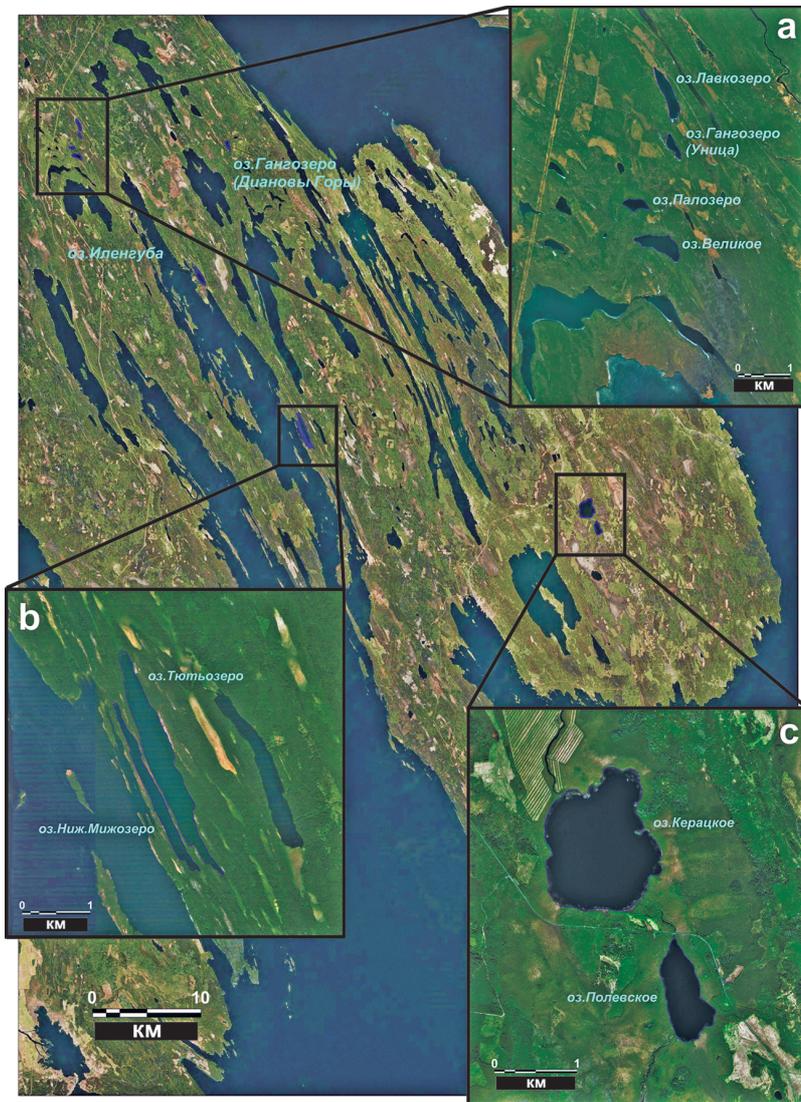


Рис. 2. Географическое положение изученных озер Заонежья
 Fig. 2. Geographical location of the studied lakes of Zaonezhye

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики изученных озёр
 Table 1. Basic morphometric characteristics of the studied lakes

Характеристика Characteristic	Ниж. Мижозеро Nizh. Mizhzero	Тютьозеро Tyutozero	Гангозеро (Диановы Горы) Gangozero (Dianovy Gory)	Палозеро Palozero	Полевское Polevskoye	Кератское Keratskoye	Лавкозеро Lavkozero	Гангозеро (Уница) Gangozero (Unitsa)	Великое Velikoye	Иленгуба Penguba
φ, °с.ш. / °N	62.390	62.393	62.629	62.627	62.312	62.329	62.646	62.637	62.620	62.522
λ, °в.д. / °E	34.757	34.763	34.625	34.347	35.282	35.262	34.359	34.362	34.355	34.574
Z, м / m	37.2	38.0	81.0	83.5	54.7	54.5	59.9	76.0	82.4	31.1
A, км ² / km ²	0.343	0.930	0.176	0.077	0.463	1.79	0.176	0.052	0.217	0.501
L _s , км / km	5.87	7.72	2.07	1.27	3.15	5.88	2.56	1.22	2.38	4.46
L _m , км / km	2.80	3.65	0.88	0.52	1.27	1.88	1.09	0.53	1.00	1.91
B _m , км / km	0.19	0.40	0.27	0.25	0.56	1.50	0.21	0.16	0.35	0.43
B _{av} , км / km	0.12	0.25	0.20	0.15	0.36	0.95	0.16	0.10	0.22	0.26
H _m , м / m	9.5	9.3	13.3	9.0	3.9	1.5	6.9	8.8	16.4	2.0
H _{av} , м / m	5.8	5.8	4.1	3.5	1.6	0.9	2.9	3.4	6.6	1.1
V, 10 ⁶ м ³ / 10 ⁶ m ³	1.98	5.39	0.722	0.270	0.740	1.66	0.510	0.177	1.44	0.575
K _l	22.9	14.3	4.4	3.5	3.5	2.0	6.8	5.4	4.6	7.3
K _s	2.83	2.26	1.39	1.29	1.31	1.24	1.72	1.50	1.44	1.78
K _h	0.61	0.62	0.31	0.39	0.41	0.60	0.42	0.39	0.40	0.55
Год исследования Year of research	2021	2021	2021	2021	2022	2022	2023	2023	2024	2025



го рельефа на абсолютных отметках уреза воды от 59.9 до 83.5 м, занимая межгрядовые (межсельговые) понижения. Для них характерна овально-удлиненная или овально-серповидная форма с ориентацией, близкой к субмеридиональной или субширотной, а также слабо расчлененная береговая линия (K_s от 1.31 до 1.72).

Гангозеро (Диановы Горы) находится на абсолютной отметке 81.0 м, характеризуется овально-серповидной удлиненной формой (рис. 3), вытянутой в субмеридиональном направлении ($K_l = 4.4$). Озёрная котловина хорошо выражена, конусообразной формы ($K_h = 0.31$), занимает межгрядовое понижение, глубины достигают 13.3 м (табл. 1). Западный и восточный берега высокие (восточный — каменистый, сбросового типа), северный и южный — низкие (северный берег заболочен). Озеро отличается отсутствием видимого поверхностного стока.

Лавкозеро расположено на абсолютной отметке 59.9 м, его характеризует овально-удлиненная форма ($K_l = 6.8$), вытянутая с севера на юг (рис. 2, а). Котловина озера расположена в межсельговом понижении, её форма близка к конусу ($K_h = 0.42$); максимальные глубины достигают 6.9 м (табл. 1). Берега озера высокие, восточный берег каменистый, северный преимущественно низкий и заболоченный, со сплавидами. Озеро соединяется ручьем без названия с р. Листига, впадающей в Уницкую губу Онежского озера.

Гангозеро (Уница) находится на абсолютной отметке 76.0 м, характеризуется овально-лопастной удлиненной формой ($K_l = 5.4$), вытянутой в направлении, близком к субмеридиональному (рис. 2, а). Озёрная котловина занимает межгрядовое понижение, достаточно выражена, форма близка к конусообразной ($K_h = 0.39$); глубины достигают 8.8 м (табл. 1). Берега преимущественно высокие, каменистые, восточный берег со следами сейсмодислокаций (сбросовый тип), северо-западный — низкий, заболоченный. Озеро соединяется ручьем без названия с р. Листига, впадающей в Уницкую губу.

Палозеро расположено на абсолютной отметке 83.5 м, для него характерна овально-лопастная форма субширотного простираения. Котловина озера выражена, её форма близка к конусу ($K_h = 0.39$); максимальные глубины достигают 9.0 м (табл. 1). Южный берег озера высокий и каменистый, северный — более пологий; западный и восточный — низкие, заболоченные. Озеро бессточное (без видимого поверхностного стока).

Великое озеро находится на абсолютной отметке 82.4 м, характеризуется овально-серповидной формой субширотного простираения. Озёрная котловина занимает межгрядовое понижение, достаточно выражена, форма близка к конусообразной ($K_h = 0.40$); глубины достигают 16.4 м (табл. 1). Северный берег пологий, южный — высокий, сбросового типа; западный и юго-восточный берега низкие, заболоченные. Озеро отличается отсутствием видимого поверхностного стока.

Озёра второй группы расположены в центральной части Заонежского полуострова на восточном побережье Уницкой губы (рис. 2, б). *Ниж. Мижозеро* и *Тутьозеро* находятся на абсолютных высотах 37.2 м и 38.0 м в районе развития денудационно-тектонического грядового рельефа и проявления следов послеледниковых землетрясений (Демидов, 2005); озёрные котловины занимают межсельговые понижения. Водоёмы вытяну-

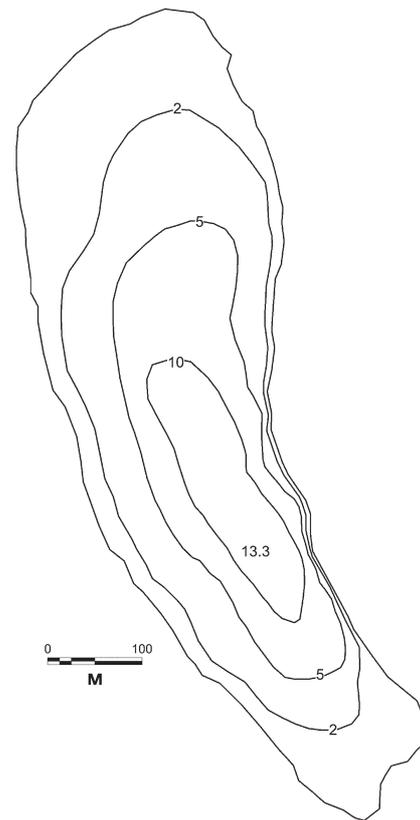


Рис. 3. Схема глубин оз. Гангозеро (Диановы Горы)

Fig. 3. Depths sketch map of Lake Gangozero (Dianovy Gory)

ты в виде борозды (K_l 22.9 и 14.3 соответственно) в северо-северо-западном направлении (рис. 4). Берега высокие, каменистые, сбросового типа (рис. 4, б, с). Озёрные котловины полуэллипсоидной формы ($K_h \sim 0.60$), глубины достигают 9.3 и 9.5 м (табл. 1). Из оз. Тутьозеро вытекает ручей в оз. Ниж. Мижозеро, которое соединяется с Уницкой губой протокой и искусственным каналом.

К озёрам второй группы относится и оз. *Иленгуба*, которое расположено в 15 км севернее (рис. 2), на абсолютной отметке 33.1 м. Оно находится в пределах развития озерно-ледниковой равнины и отделено от Онежского озера озовой грядой и флювиогляциальной дельтой (Демидов, 2005). Озеро характеризуется овально-лопастной удлиненной формой ($K_l = 7.3$) северо-западного простираения. Котловина не выражена, максимальные глубины не превышают 2.0 м (табл. 1); берега низкие, заболоченные, поросшие высшей водной растительностью. Из озера в южной части вытекает ручей без названия длиной около 400 м, соединяющий его с Уницкой губой.

Озёра Керацкое и Полевское, составляющие третью группу, расположены на юго-востоке Заонежского полуострова на абсолютных отметках 54.5 и 54.7 м. Они находятся в пределах развития слабоволнистой аккумулятивной озерно-ледниковой равнины, образованной лимногляциальными отложениями (пески, глины) (Государственная..., 2022). Оз. Керацкое характеризуется округло-лопастная форма ($K_l = 2.0$, $K_s = 1.24$), оз. Полевское отличает овально-лопастная форма ($K_l = 3.5$, $K_s = 1.31$), вытянутая в субмеридиональном направлении. Склоны котловин практически не выра-

жены, берега низкие и заболоченные, заросшие высшей водной растительностью; максимальные глубины достигают 1.5 и 3.9 м соответственно (табл. 1). Водоемы составляют единую озёрно-речную систему и соедине-

ны протокой без названия длиной около 500 м (рис. 5). В оз. Полевское впадают р. Лимозерка и Ближняя, в оз. Керацкое — протока и ручей без названия, вытекает р. Путкозерка, соединяющая его с оз. Путкозеро.

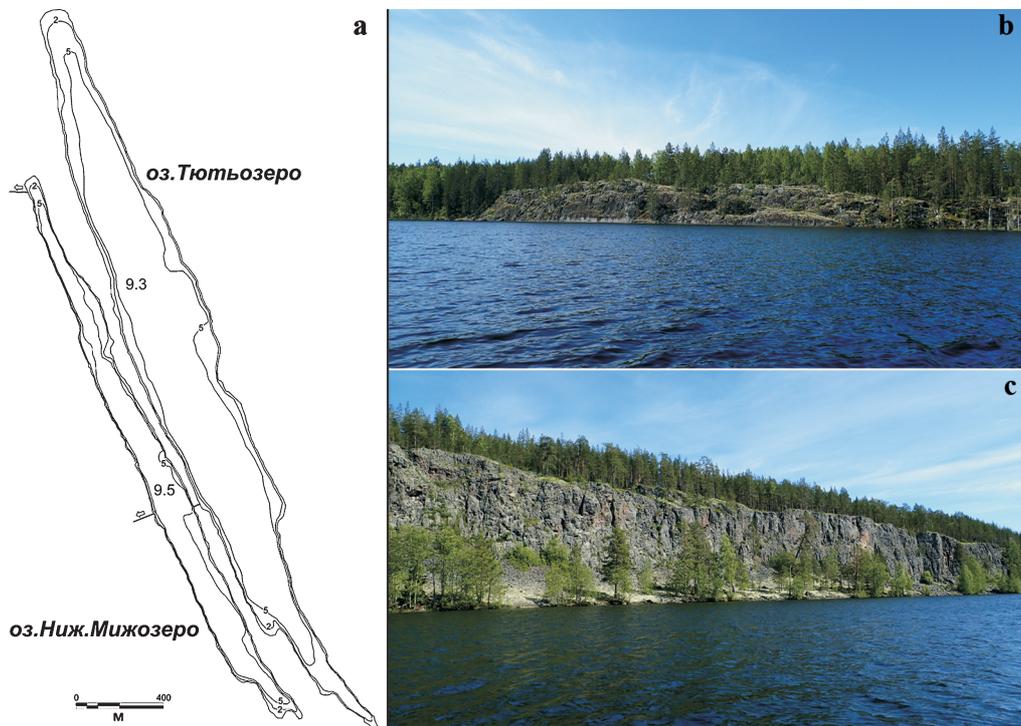


Рис. 4. Оз. Ниж. Мижозеро и Тютюзеро: а — схема глубин; б — западный берег оз. Ниж. Мижозеро; с — восточный берег оз. Тютюзеро

Fig. 4. Lakes Nizh. Mizhozero and Tyutozero: a — depth map; b — western shore of Lake Nizh. Mizhozero; c — eastern shore of Lake Tyutozero

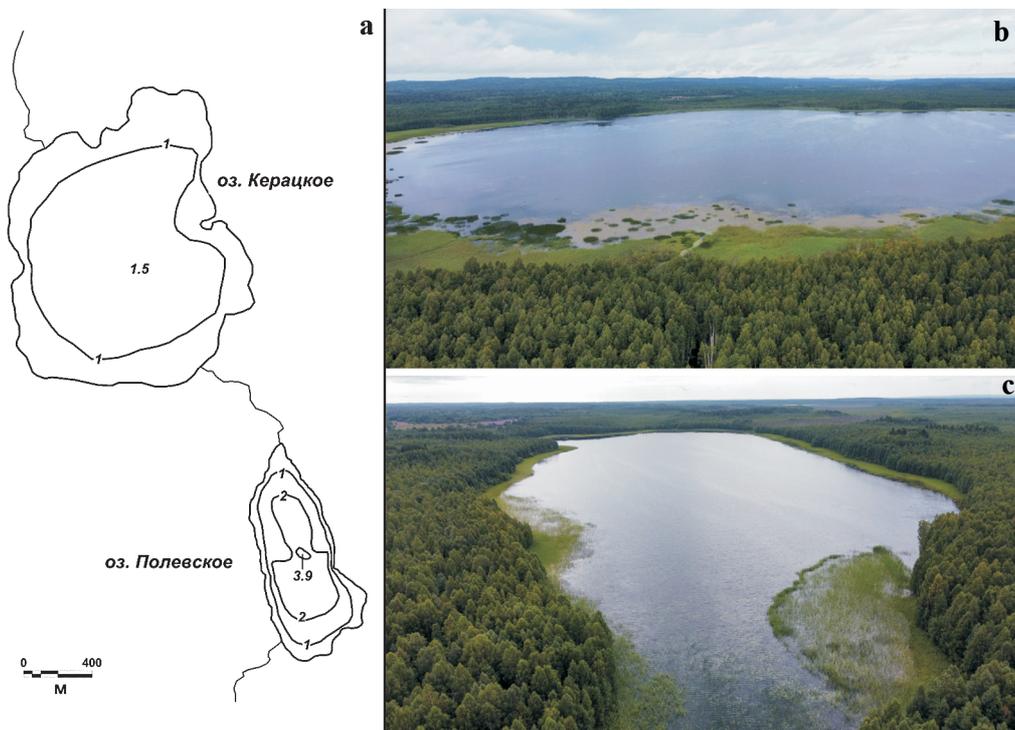


Рис. 5. Оз. Керацкое и Полевское: а — схема глубин; б — вид на котловину оз. Керацкое; с — вид на котловину оз. Полевское

Fig. 5. Lakes Keratskoye and Polevskoye: a — depth map; b — view of the Lake Keratskoye depression; c — view of the Lake Polevskoye depression



Обсуждение результатов

Изученные малые озёра Заонежья отличаются разнообразием морфометрических характеристик и показателей, что в значительной степени объясняется различием условий формирования их котловин и морфолитогеоза. Как было отмечено выше, на северо-западе района, где преобладает денудационно-тектонический рельеф, получили распространение озёра тектонического заложения, преобразованные ледниковой экзарацией (котловины экзарационно-тектонического генезиса) (табл. 2). К таковым относятся водоёмы первой группы (Лавкозеро, Гангозеро (Уница), Палозеро и Великое), Ниж. Мижозеро и Тютюзеро (рис. 2), а также ряд малых озёр, исследованных ранее (Потахин, 2017). На юго-востоке Заонежья, где представлен аккумулятивный тип рельефа, распространены озёрные котловины ледникового генезиса (табл. 2). К ним относятся озёра третьей группы (Полевское и Керацкое), Иленгуба (рис. 2), а также ранее изученное Леликозеро (Потахин, 2017).

Следует отметить, что котловины озёр, находящихся на относительно невысоких абсолютных отметках (31.1–61.0 м) (табл. 2), в значительной степени заполнены ледниково-озерными и озерными отложениями Онежского приледникового и Онежского озёр. Они имеют черты реликтовых (остаточных) водоёмов: меньшие глубины в сравнении с озёрами экзарационно-тектонического и ледникового генезиса, меньшее соотношение средней и максимальной глубин (форма котловин близка к параболоиду или полуэллипсоиду). Так, например, в озёрах Полевское и Керацкое, относящихся к ледниковым реликтовым водоёмам, мощ-

ность ледниково-озёрных осадков (в том числе ленточных глин) достигает 7 м, а общая толща отложений составляет около 14 м (Hang et al., 2019; Ryazantsev et al., 2021). Мощности донных отложений в экзарационно-тектонических водоёмах, находящихся на более высоких отметках — от 76.0 м и выше — например, в озёрах Палозеро, Гангозеро (Уница), Гангозеро (Диановы Горы) и др., не превышает 3–4 м (Палеолимнология..., 2022).

Заключение

В статье представлены результаты морфологических исследований малых озёр, расположенных в различных частях Заонежья. В ходе полевых работ проведено обследование берегов и батиметрическое картирование дна десяти водоёмов. Впервые благодаря полученным данным были рассчитаны объёмы водных масс изученных озёр, определены характерные глубины и другие морфометрические характеристики и показатели. Установлено, что пространственная неоднородность озерных котловин определяется гетерогенностью морфолитодинамических условий (геологическое строение, тектоника, рельеф), а изменение их в течение позднеледниковья и голоцена связано со сменой климатических условий (колебания климата, деградация покровного оледенения, образование и развитие Онежского приледникового озера и т. д.).

С учетом данных по ранее изученным малым озёрам (Потахин, 2017) выделено 4 морфогенетических типа водоёмов: экзарационно-тектонические и экза-

Таблица 2. Морфогенетические типы малых озёр и их основные характеристики

Table 2. Morphogenetic types of small lakes and their main characteristics

Характеристика Characteristic	Экзарационно-тектонические / Tectonic-exaration		Ледниковые / Glacial	
		реликтовые / relict		
Z, м / m	92.6 (76.0–132.4)	50.6 (37.2–61.0)	46.8 (31.1–54.7)	86.0
A, км ² / km ²	0.161 (0.052–0.264)	0.522 (0.176–0.930)	0.918 (0.463–1.79)	1.60
L _s , км / km	2.18 (1.22–3.50)	5.23 (2.56–7.72)	4.50 (3.15–5.88)	5.90
L _m , км / km	0.90 (0.52–1.60)	2.35 (1.09–3.65)	1.69 (1.27–1.91)	2.20
B _m , км / km	0.26 (0.12–0.44)	0.34 (0.19–0.45)	0.83 (0.43–1.50)	1.20
B _a , км / km	0.18 (0.10–0.28)	0.22 (0.12–0.32)	0.53 (0.26–0.95)	0.73
H _m , м / m	13.9 (8.8–19.0)	9.8 (5.3–18.0)	2.5 (1.5–3.9)	13.0
H _a , м / m	5.1 (3.4–7.6)	5.2 (2.3–9.1)	1.2 (0.9–1.6)	5.7
V, 10 ⁶ м ³ / 10 ⁶ m ³	0.886 (0.177–1.43)	2.84 (0.510–5.39)	0.968 (0.551–1.66)	9.19
K ₁	5.9 (3.3–14.2)	11.7 (4.6–22.9)	4.2 (2.0–7.3)	3.0
K _s	1.57 (1.29–2.33)	2.09 (1.57–2.83)	1.44 (1.24–1.78)	1.32
K _n	0.36 (0.30–0.40)	0.52 (0.42–0.62)	0.52 (0.41–0.60)	0.44
Примеры озёр Examples of lakes	Палозеро / Palozero, Гангозеро (Уница) Gangozero (Unitsa), Великое / Velikoye, Гангозеро (Диановы Горы) Gangozero (Dianovy Gory), Кондозеро / Kondozero, Палозеро (Великая Нива) Palozero (Velikaya Niva)	Ниж. Мижозеро Nizh. Mizhozero, Тютюзеро / Tyutozero, Лавкозеро / Lavkozero, Сяргозеро / Syargozero, Гижозеро / Gizhozero, Ковшозеро / Kovshozero	Полевское / Polevskoye, Керацкое / Keratskoye, Иленгуба / Ileguba	Леликозеро Lelikozero



рационально-тектонические реликтовые, ледниковые и ледниковые реликтовые. Озера экзарационно-тектонического генеза характеризуются высоким гипсометрическим положением, вытянутой, конусообразной формой котловин, а также значительными глубинами. Экзарационно-тектонические реликтовые водоемы отличаются более низким положением, близкой к полуэллипсоиду формой котловин и меньшими глубинами. Для озер ледникового происхождения также характерно высокое положение, овальная и близкая к конусообразной форма, значительные глубины. Ледниковые реликтовые водоемы отличает более низкое положение, форма котловин, близкая к полуэллипсоиду, и малые глубины.

Полученная информация по озёрной морфометрии пополнит базу данных изученных карельских водоемов (Озёра..., 2013) и будет использоваться при проведении различных лимнологических и палеолимнологических исследований (Syrykh et al., 2021; Палеолимнология..., 2022). Например, данные по морфометрии озёр востребованы в том числе для проверки методик расчета глубин батиметрически не изученных водоемов (Сало и др., 2010; Потахин, 2023).

Полевые исследования озёр Палозеро, Гангозеро (Диановы горы), Полевское, Керацкое, Лавкозеро, Великое и Гангозеро (Унци), анализ данных и подготовка статьи осуществлены при финансовой поддержке гранта РФФ № 24-17-00206, <https://rscf.ru/project/24-17-00206>. Полевые исследования озёр Ниж. Мижозеро, Тутьозеро и Иленгуба проведены в рамках темы государственного задания КарНЦ РАН № FMEN-2021-0006.

Литература / References

- Богданова М. С. Ландшафты Заонежского полуострова (Республика Карелия) // Известия Русского географического общества. 2021. Т. 153. № 1. С. 33–58. DOI: 10.31857/S086960712101002X
Bogdanova M. S. Landscapes of the Zaonezhsky Peninsula (Republic of Karelia). Bulletin of the Russian Geographical Society, 2021, V. 153(1), pp. 33–58. (in Russian)
- Верещагин Г. Ю. Методы морфометрической характеристики озер // Труды Олонетской научной экспедиции. 1930. Т. II, вып. 1. С. 3–114.
Vereshchagin G. Yu. Methods of morphometric characteristics of lakes. Proceedings of the Olonets scientific expedition, 1930, V. II, issue 1, pp. 3–114. (in Russian)
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Карельская. Лист Р-36-XVIII (Толвуя) / А. С. Рудой, И. Б. Колянова, Н. Ф. Силина и др. М.: ВСЕГЕИ, 2022.
State geological map of Russian Federation, scale 1: 200 000. Second edition. Karelian series. Sheet R-36-XVIII (Tolvuya). A. S. Rudoy, I. B. Kolyanova, N. F. Silina et al. Moscow: VSEGEI, 2022. (in Russian)
- Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер Карелии. М-Л.: АН СССР, 1959. 239 с.
Grigoriev S. V., Gritsevskaya G. L. Catalogue of Lakes of Karelia. Moscow-Leningrad: USSR AS, 1959, 239 p. (in Russian)
- Григорьев С. В. О некоторых определениях и показателях в озераведении // Труды Карельского филиала АН СССР. 1958. Вып. XVIII. С. 29–45.
Grigoriev S. V. On some definitions and indicators in limnology. Proceedings of the Karelian branch of the USSR AS, 1958, 18, pp. 29–45. (in Russian)
- Демидов И. Н. Четвертичные отложения Заонежья // Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 14–19.
Demidov I. N. Quaternary deposits of Zaonezhye. Environmental problems of development of the Srednyaya Padma deposit. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005, pp. 14–19. (in Russian)
- Догановский А. М., Субетто Д. А., Шелухина О. А., Кошелева Е. А. Сборник практических работ по гидрологии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2017. 71 с.
Doganovsky A. M., Subetto D. A., Sheloukhina O. A., Kosheleva E. A. Collection of practical works on hydrology. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2017, 71 p. (in Russian)
- Ефремов Ю. В. Озерный морфолитогенез на Большом Кавказе. Краснодар: КГУ, 2003. 262 с.
Efremov Yu. V. Lake morpholithogenesis in the Greater Caucasus. Krasnodar: KSU, 2003, 262 p. (in Russian)
- Иванов П. В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. Л., 1948. № 20. С. 29–36.
Ivanov P. V. Classification of the world's lakes by size and by their average depth. Bulletin of Leningrad State University. Leningrad, 1948, No. 20, pp. 29–36. (in Russian)
- Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
Kitaev S. P. Ecological foundations of bioproductivity of lakes in different natural zones. Moscow: Nauka, 1984, 207 p. (in Russian)
- Озера Карелии: Справочник / Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
Lakes of Karelia. Reference book. N. N. Filatov, V. I. Kulkharev (eds.). Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013, 464 p. (in Russian)
- Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям / Отв. ред. Д. А. Субетто. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. 332 с.
Paleolimnology of Lake Onego: from the Onego Ice Lake to the present state. D. A. Subetto (ed.). Petrozavodsk: KarRC RAS, 2022, 332 p. (in Russian)
- Потахин М. С. Новые данные по морфологии озер Заонежского полуострова // Общество. Среда. Развитие. 2017. 44(3). С. 91–98. DOI: 10.6084/m9.figshare.5817183.v1
Potakhin M. S. New data on the morphology of lakes of the Zaonezhye Peninsula. Terra Humana, 2017, 44(3), pp. 91–98. (in Russian)
- Потахин М. С. Морфогенетические особенности водоемов бассейна Онежского озера // Астраханский вестник экологического образования. 2023. 77 (5). С. 55–62. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-5-55-62
Potakhin M. S. Morphogenetic features of water bodies of Lake Onego catchment area. Astrakhan Bulletin of Environmental Education 2023, 77 (5), pp. 55–62. (in Russian)
- Сало Ю. А., Потахин М. С., Толстиков А. В. Расчет средней глубины озер Карелии при отсутствии батиметрических данных // Известия Русского географического общества. 2010. Т. 142. № 3. С. 43–47.



- Salo Yu. A., Potakhin M. S., Tolstikov A. V. Calculation of the average depth of lakes in Karelia in the absence of bathymetric data. *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 2010, 142(3), pp. 43–47. (in Russian)
- Свод правил 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2023. 109 с.
- Code of practice. 529.1325800.2023. Definition of the main calculated hydrological characteristics. Moscow, 2023, 109 p. (in Russian)
- Сельговые ландшафты Заонежского полуострова: природные особенности, история освоения и сохранение / Под ред. А. Н. Громцева. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 180 с.
- Selka landscapes of the Zaonezhsky Peninsula: natural characteristics, land use, conservation. A. N. Gromtsev (ed.). Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013, 180 p. (in Russian)
- Фрейндинг В. А., Поляков Ю. К. Морфология и гидрология озер // Вопросы гидрологии, озероведения и водного хозяйства Карелии. 1965. Вып. XXIII. С. 61–78.
- Freundling V. A., Polyakov Yu. K. Morphology and hydrology of lakes. *Issues of hydrology, limnology and water use of Karelia*, 1965, V. 23, pp. 61–78. (in Russian)
- Biogeography, landscapes, ecosystems and species of Zaonezhye Peninsula, in Lake Onega, Russian Karelia* / T. Lindholm, J. Jakovlev, A. Kravchenko (eds.). Helsinki: Finnish Environment Institute. 2014. 360 p.
- Encyclopedia of lakes and reservoirs*. L. Bengtsson, R. W. Herschy, R. W. Fairbridge (eds.). New York — London: Springer. 2012. 953 p.
- Hang T., Gurbich V., Subetto D., Strakhovenko V., Potakhin M., Belkina N., Zobkov M. A local clay-varve chronology of Onega Ice Lake, NW Russia // *Quaternary International*. 2019. Vol. 524. P. 13–23. DOI: 10.1016/j.quaint.2019.03.021
- Ryazantsev P. A., Rodionov A. I., Subetto D. A. Waterborne GPR mapping of stratigraphic boundaries and turbidite sediments beneath the bottom of lake Polevskoye, Karelia, NW Russia // *Journal of Paleolimnology*. 2021. 66(3). P. 261–277. DOI: 10.1007/s10933-021-00205-w
- Syrykh L., Subetto D., Nazarova L. Paleolimnological studies on the East European Plain and nearby regions: the PaleoLake Database // *Journal of Paleolimnology*. 2021. 65(3). P. 369–375. DOI: 10.1007/s10933-020-00172-8
- Zobkov M., Potakhin M., Subetto D., Tarasov A. Reconstructing Lake Onego evolution during and after the Late Weichselian glaciation with special reference to water volume and area estimations // *Journal of Paleolimnology*. 2019. 62(1). P. 53–71. DOI: 10.1007/s10933-019-00075-3

Поступила в редакцию / Received 30.10.2025



Новые данные о взаимодействии людей мезолита с окружающей средой (Юго-Восточная Прибалтика)

А. А. Бурко^{1,3}, И. Н. Сходнов¹, Л. И. Лазукова^{2,3}, О. А. Дружинина³

¹ НИЦ «Прибалтийская археология», Калининград, Россия

² Институт географии РАН, Москва, Россия

³ Российский государственный университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, olga.alex.druzhinina@gmail.com

В ходе проведенного комплексного исследования палеоархива* Утиное Болото методами геохронологического, литологического, палинологического и палеоантракологического анализов описана динамика растительного покрова, выявлены изменения почвенной эрозии и пожарной активности в позднеледниковье и раннем голоцене. Полученные результаты, рассмотренные в контексте региональной динамики растительного покрова, позволили выделить его локальные особенности, вероятно связанные с антропогенным воздействием. Данные палинологии и палеоантракологии фиксируют начало освоения исследуемой территории по изменению растительного покрова (сокращение древесных пород на фоне пикового содержания лещины и папоротников) и максимальному для разреза содержанию макроуглей, а также индикаторов почвенной эрозии. Изменения ярко выражены в интервале 10 300–8100 кал. л. н. Можно предположить нарушение (вытаптывание) почвенного покрова на месте древней хозяйственной деятельности и преднамеренное сведение леса на территории вокруг. Повышенные значения содержания пыльцы лещины и спор папоротников в сочетании с пиками макроуглей могут свидетельствовать о выжигании участков леса для стимулирования роста лещины как одного из важнейших растительных ресурсов в жизнеобеспечении мезолитического населения. Таким образом, проведенное исследование указывает на активное взаимодействие с природой древнего человека и интенсивное антропогенное воздействие на окружающий ландшафт и растительность в непосредственной близости от поселения уже в мезолите.

Ключевые слова: мезолит, антропогенное воздействие, палеогеография, археология, Юго-Восточная Прибалтика, Калининградская область

New data on Mesolithic people interaction with environment (South-Eastern Baltic region)

A. A. Burko^{1,3}, I. N. Skhodnov¹, L. I. Lazukova^{2,3}, O. A. Druzhinina³

¹ SRC Peribaltic Archaeology, Kaliningrad, Russia

² Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

³ Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

A comprehensive study of the Utinoe Boloto paleoarchive* using geochronological, lithological, palynological, and paleoanthracological analyses described vegetation dynamics and identified changes in soil erosion and fire activity during the Late Glacial and Early Holocene. The results, considered in the context of regional vegetation dynamics, allowed identifying local features likely related to anthropogenic impact. Palynological and paleoanthracological data documented the onset of colonisation of the study area through changes in vegetation cover (a reduction in tree species against a background of peak hazel and fern content) and the maximum macrocharcoal content for the section, as well as soil erosion indicators. These changes were clearly expressed within 10,300–8,100 cal yr BP. Trampling of the soil cover at the site of ancient economic activity and deliberate deforestation of the surrounding area can be assumed. Elevated hazel pollen and fern spore levels, combined with macrocharcoal peaks, may indicate the burning of forest areas to stimulate the growth of hazel, one of the most important plant resources for the subsistence of the Mesolithic population. Thus, the study indicates an active interaction of ancient humans with nature and intensive anthropogenic impact on the surrounding landscape and vegetation in the immediate vicinity of the settlement already in the Mesolithic.

Keywords: Mesolithic, anthropogenic impact, paleogeography, archaeology, South-Eastern Baltic region, Kaliningrad District

*Палеоархивы — это геологические слои, ледяные керны, осадочные породы, отложения озер и болот и т. п., содержащие информацию о прошлом Земли.

*Paleoarchives are geological layers, ice cores, sedimentary rocks, lake and swamp sediments, etc., that contain information about the Earth's past.

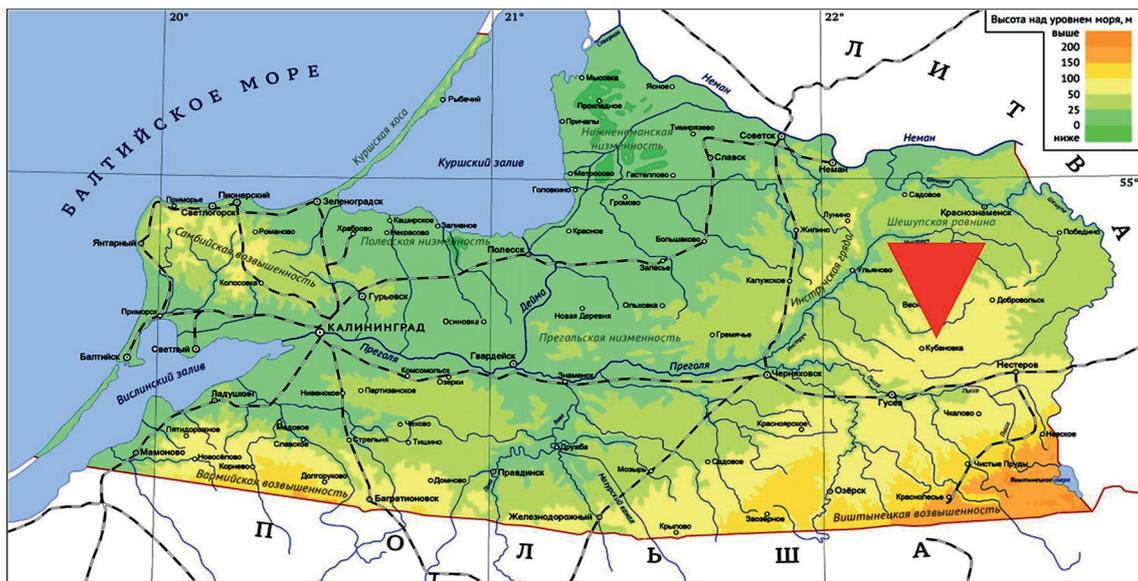


Рис. 1. Объект исследований — торфяник Утиное Болото. Расположение на карте, вид на болото, керн
Fig. 1. Object of study — the Utinoe Boloto peat bog. Location on the map, view of the bog, core

Введение

Взаимодействие мезолитических людей с окружающей средой — это одна из самых актуальных и одновременно трудно исследуемых тем палеоэкологии древних обществ и археологии. Сложность изучения данного вопроса связана со многими аспектами: часто недостаточным разрешением естественно-научных анализов или ограниченностью набора методов исследования; с неоднозначной трактовкой наблюдаемых трендов, в частности в изменениях растительного покрова, когда трудно выделить отдельно естественные (например, климатические) и антропогенные аспекты динамики; и наконец, с ограниченной информативностью имеющегося археологического материала.

Учет данных методических особенностей был положен в основу современных палеогеографических и палеоэкологических исследований торфяника Утиное Болото, расположенного в восточной части Калининградской области (N54°46', E22°25') в пределах Шешупской равнины (рис. 1). Здесь в 70-х годах XX века на поверхности пологого склона берега торфяника были обнаружены находки расщеплённого кремня, а дальнейшие исследования выявили остатки культурного слоя, вероятно комплекса мезолитических и неолитических стоянок (Тимофеев, 1975¹, 1976²). Поскольку керны болотных отложений, полученные в непосредственной близости от древнейших поселений и стоянок, могут служить дополнительным источником информации не только о природной динамике, но и древнейших видах антропогенной деятельности (сведения

лесов, выпасе скота, первоначальных фазах земледелия), в 2023 г. начато палеогеографическое исследование болота. Целью его является получение информации о динамике локальных позднеплейстоценовых и голоценовых ландшафтов, а также данных для реконструкции древнейшего антропогенного влияния на природную систему региона. Для получения детальных и разноплановых данных палеоархив Утиное Болото исследуется на микростратиграфическом уровне (каждые 1—5 см) комплексом методов, среди которых как традиционные, например литологический и палинологический, так и относительно новые для палеоэкологических исследований — палеоантракологический, метод непыльцевых палиноморф (НПП) и другие. В данной статье представлены первые результаты лито-

¹ Тимофеев В. И. Отчёт о работе Калининградского неолитического отряда ЛОИА АН СССР в 1975 г. // Архив ИА РАН, Москва. № 8630.

Timofeev V. I. Report on the work of the Kaliningrad Neolithic team of the Leningrad Institute of Archaeology of the USSR AS in 1975. Archive IA RAS, R1, No. 8630, Moscow, 1975. (in Russian)

² Тимофеев В. И. Отчёт о работе Калининградского неолитического отряда ЛОИА АН СССР в 1976 г. // Архив ИА РАН, Москва. № 6177.

Timofeev V. I. Report on the work of the Kaliningrad Neolithic team of the Leningrad Institute of Archaeology of the USSR AS in 1976. Archives IA RAS, Moscow, No. 6177, 1976. (in Russian)

логического, палинологического, НПП и палеоантракологического изучения отложений торфяника, позволившие внести вклад в понимание процессов взаимодействия человека и природы в мезолите.

Методы и материалы

Географическая характеристика района исследования. Территория Юго-Восточной Прибалтики (Калининградская область) расположена на западе Русской (Восточно-Европейской) равнины. Торфяник Утиное Болото расположен в восточной части Калининградской области, в пределах Шешупской озерно-ледниковой равнины, на одном из западных склонов моренной гряды. Предполагается, что озерно-ледниковая равнина образовалась на месте обширного приледникового водоема, сложена мелкозернистыми песками, супесями, глинами, мощность которых составляет от 1–2 до 6–10 метров. В пределах равнины выделяются участки с плоским и холмистым рельефом. Первые соответствуют наиболее глубоким впадинам приледниковых водоемов с отложениями ленточных глин. Участки холмистого рельефа связаны с остатками перемытых моренных отложений, образовавших повышения и пороги между впадинами. Колебания высот в пределах равнины невелики и составляют 3–6 м. Многочисленны камы, озы и плоские замкнутые понижения, образовавшиеся при термокарстовых просадках грунта.

Климат региона является переходным от морского климата Западной Европы к умеренно-континентальному климату Восточной Европы. Холодный период года длится от 90 до 105 дней со средней температурой января от $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на побережье до $-6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на востоке. Самый теплый месяц – июль со среднемесячной температурой от $+16.5$ до $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Влажность воздуха высокая: от 70 % летом до 80–90 % зимой. Годовое количество осадков составляет 600–700 мм, их распределение по территории и сезонам неравномерно. Область находится в зоне избыточного увлажнения. Вся территория юго-восточной части Балтийского региона относится к лесной зоне, к ландшафтной подзоне смешанных хвойно-лиственных лесов. Структура почвенного покрова основана на смене почв от бурых лесных с простым однородным профилем до сложных дерново-подзолистых и дерново-элювиально-глеевых (Географический..., 2002).

Полевые и лабораторные работы. Керны для палеогеографического изучения были отобраны в береговой части торфяника, в непосредственной близости от предполагаемого места исследованных археологических памятников. Отбор проводился торфяным буром диаметром 5 см. Разрезы отложений палеоводоема имеют

мощность около 2 м. Отбор проб на лабораторные анализы осуществлен каждые 2–5 см. Проведены геохронологический анализ 4 образцов (AMS-датирование) в радиоуглеродном центре Лундского университета, а также литологический, палеоантракологический и палинологический анализы около 50 образцов.

Комплексный литологический анализ включал определение содержания органического вещества, изучение гранулометрического состава отложений на лазерном дифрактометре Malvern Mastersizer 3000 с приемником-диспергатором Hydro EV и измерение магнитной восприимчивости (МВ) отложений на оборудовании ZHInstruments SM 150 L.

Палеоантракологический анализ проводился для подсчета и идентификации макроскопических (линейные размеры $> 100\text{ }\mu\text{m}$) частиц угля в образцах. Для этого выполнялась обработка осадка 9 % раствором перекиси водорода H_2O_2 и промывание его на сите с диаметром ячейки 0.1 мм. Подсчет частиц макроуглей был выполнен на бинокулярном микроскопе MOTIC SMZ-168 при 20-кратном увеличении. Классификация углей по морфотипам и определение сторового материала проводились согласно С. Mustaphi и М. Pisaric (2014).

Для выделения пыльцы и непыльцевых палиноморф (НПП) из отложений использовался сепарационный метод В. П. Гричука (Гричук, 1940). Изучение объектов проводили с помощью цифровых микроскопов «U300M» и «Motic BA 300». Статистическая обработка данных и построение спорово-пыльцевых диаграмм проводилась с использованием программ TILIA2 и TILIA GRAPH. При идентификации пыльцы и НПП использовались справочники-определители (Moore et al., 1991; Van Geel et al., 2003). В каждой пробе насчитывалось не менее 300 зерен пыльцы и спор.

Результаты и обсуждение

Геохронология. Построение возрастной модели осадконакопления отложений торфяника Утиное Болото было выполнено на основе результатов радиоуглеродного датирования отложений (табл. 1). Согласно возрастной модели, все даты попадают в диапазон 95 % доверительного интервала. Возраст рассчитан для каждого сантиметра разреза. Смоделированный возраст начала осадконакопления изученной толщи (глубина 189 см) составляет $15\,550 \pm 1170$ кал. л. н. Значительная погрешность в нижней части керна вверх по разрезу уменьшается и на глубине 146 см составляет ± 240 лет. Отложения на глубине 17 см датируются 6300 ± 160 кал. л. н. Таким образом, исследуемый интервал включает отложения позднеледниковья и первой половины голоцена. Позд-

Таблица 1. Результаты АМС ^{14}C -датирования отложений разреза Утиное Болото

Table 1. Results of ^{14}C AMS dating of sediments of the Utinoe Boloto section

№ п.п.	Лаб. номер Lab. No.	Глубина, см Depth, cm	Возраст, C^{14} Age, C^{14}	Возраст, кал. л. н., диапазон, % Age, cal yr BP, range, %	Материал Material
1	LuS-18848	146	$11\,530 \pm 60$	13 505–13 295 (94.4 %)	алеврит / aleurite
2	LuS-18847	120	$11\,190 \pm 70$	13 190–12 920 (91.0 %)	алеврит / aleurite
3	LuS-18845	39	7230 ± 45	8175–7960 (95.4 %)	торф / peat
4	LuS-18844	17	5495 ± 40	6245–6200 (74.9 %)	торф / peat



неголоценовая часть разреза, вероятно, уничтожена в процессе торфоразработок.

Литология. Комплексный литологический анализ подтвердил предположение, что верховое болото сформировалось на месте одного из позднеледниковых водоемов. Отложения характеризуются как плохо и очень плохо сортированные, представлены в основном алевритом с разной степенью опесчаненности, а в нижней части керн — с примесью глины (табл. 2). Минеральная часть в торфе, образование которого началось $10\,600 \pm 980$ кал. л. н. согласно глубинно-возрастной модели, тоже имеет преимущественно алевритовую размерность (68 %). По результатам измерения магнитной восприимчивости (МВ) в период времени, соответствующий накоплению отложений до $13\,600 \pm 320$ кал. л. н., палеоводоем, по-видимому, был слабопроточным озером, в которое привносилось небольшое количество терригенного вещества. Далее, между $13\,600 \pm 320$ и $10\,900 \pm 940$ кал. л. н., величины МВ уменьшились, количество поступающих в водоем минеральных веществ существенно сократилось, что могло быть вызвано постепенным обмелением водоема и началом заторфовывания. В интервале $10\,000—7300 \pm 700$ кал. л. н. выделяются несколько небольших пиков МВ, свидетельствующих о периодическом привносе терригенного минерального вещества, количество которого значительно возрастает после 6600 ± 360 кал. л. н.

Палеоантракология. Исследование осадков разреза Утиное Болото показало, что уголь содержится в 46 образцах из 55. Обнаружены 19 морфотипов; среди ботанических микроостатков идентифицируются древесина, листья деревьев, иглы хвойных, листья злаков и другие. Выделяются несколько пиков пожарной активности (рис. 2). Первый период относительно повышенной пожарной активности выделяется в интервале $12\,200—10\,950 \pm 800$ кал. л. н. В отложениях, соответствующих этому интервалу, количество улей составляет 14—18 штук в образце, в то время как в нижележащих слоях это значение меняется от 0 до 6. В раннем голоцене выделяются два равнозначных, превосходящих предыдущий пика пожарной активности: $10\,400—9800 \pm 900$ кал. л. н. и $7300—7100 \pm 500$ кал. л. н. В отложениях этих периодов количество улей достигает 27—28 штук в образце. И наконец, в интервале $5900—5300 \pm 500$ кал. л. н. выделяется этап пожарной активности с максимальным количеством улей в образцах — до 45 штук.

Палинология и непыльцевые палиноморфы (НПП). Проведенный палинологический и НПП-анализ позволил описать динамику растительного покрова в позднеледниковье и первой половине голоцена, выявив как характерные для региона особенности растительности, так и отличительные.

Образцы в самой нижней части разреза (до $13\,900 \pm 630$ кал.) оказались бедны палиноморфами. Здесь же встречается переотложенная и корродированная пыльца, а также цисты динофлагеллат, которые не фиксируются далее вверх по разрезу. Количество пыльцы и спор существенно возрастает в отложениях, начиная с $13\,900 \pm 630$ кал. С этого периода и до начала голоцена ($11\,500 \pm 860$ кал. л. н.), растительность характеризовалась доминированием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), при этом процент древесной растительности на большей части позднеледниковья составлял не менее 90 %, что близко к значениям, зафиксирован-

Таблица 2. Результаты литологического исследования разреза Утиное Болото

Table 2. Results of lithological study of the Utinoe Boloto section

Глубина, м Depth, m	Литостратиграфия Lithostratigraphy
0.0—0.80	торф / peat
0.80—1.02	гиттия опесчаненная / sandy gyttja
1.02—1.46	алеврит / aleurite
1.46—1.63	алеврит опесчаненный / sandy aleurite
1.63—1.89	алеврит глинистый / argillaceous aleurite

ым и в других палеоархивах Калининградской области и Литвы (Druzhinina et al., 2015; Kisieliene et al., 2005; Stancikaite et al., 2014) (рис. 2). В незначительном количестве встречается пыльца ели (*Picea*) и лиственницы (*Larix*). Достаточно обычна пыльца можжевельника (*Juniperus*). Отмечены древесные породы смешанных лесов, что также является характерной особенностью позднеледниковой растительности Прибалтики (Druzhinina et al., 2025). Среди мелко- и широколиственных пород обильна пыльца березы (*Betula*) и ивы (*Salix*), а также лещины (*Corylus*) и граба (*Carpinus*). В группе травянистых растений в нижней части керн доминирует пыльца злаков (*Poaceae*), а в верхней части более обильна пыльца осоковых (*Cyperaceae*). Обильны также полыни (*Artemisia*) и маревые (*Chenopodioidae*). В этом интервале встречается пыльца и водных растений (*Typha*, *Myriophyllum*, *Sparganium*). Споры представлены в основном папоротниками (*Polypodiophyta*) и хвощами (*Equisetum*). Отложения данного интервала наиболее богаты на непыльцевые палиноморфы, представленные главным образом водорослями (cf. *Volvocales*, *Cosmarium*, *Pediastrum* spp., *Botryococcus*), остатками водных организмов, а также спорами грибов, включая *Glomus*. В целом выявленный палиноспектр отражает развитие сосняков с примесью можжевельника, лиственницы, мелколиственных (береза, ива) и широколиственных (лещина, граб) пород в подлеске. Присутствовали более открытые участки со злаками, полынью и маревыми, а также водно-болотные с осоковыми растительными сообществами.

В раннем голоцене, в интервале $11\,500 \pm 860$ и 8400 ± 460 кал. л. н. характер растительного покрова меняется. Обращает на себя внимание резкое снижение обилия пыльцы древесных растений: до 80 % на $10\,300 \pm 960$ кал. л. н. и до 68 % на 9600 ± 960 кал. л. н. Уменьшение происходит в основном за счет сосны обыкновенной, при этом количество пыльцы березы, напротив, увеличивается. Возрастает присутствие лещины, ивы и вяза. Среди травянистых наиболее многочисленна пыльца злаков и осоковых, в то время как количество пыльцы полыней и маревых значительно снижается. Резко возрастает и достигает максимума процент спор папоротников, пыльца водных растений исчезает, а разнообразие и обилие водных непыльцевых палиноморф резко снижается. Максимальные значения имеет содержание спор *Glomus* — показателя почвенной эрозии (рис. 2).

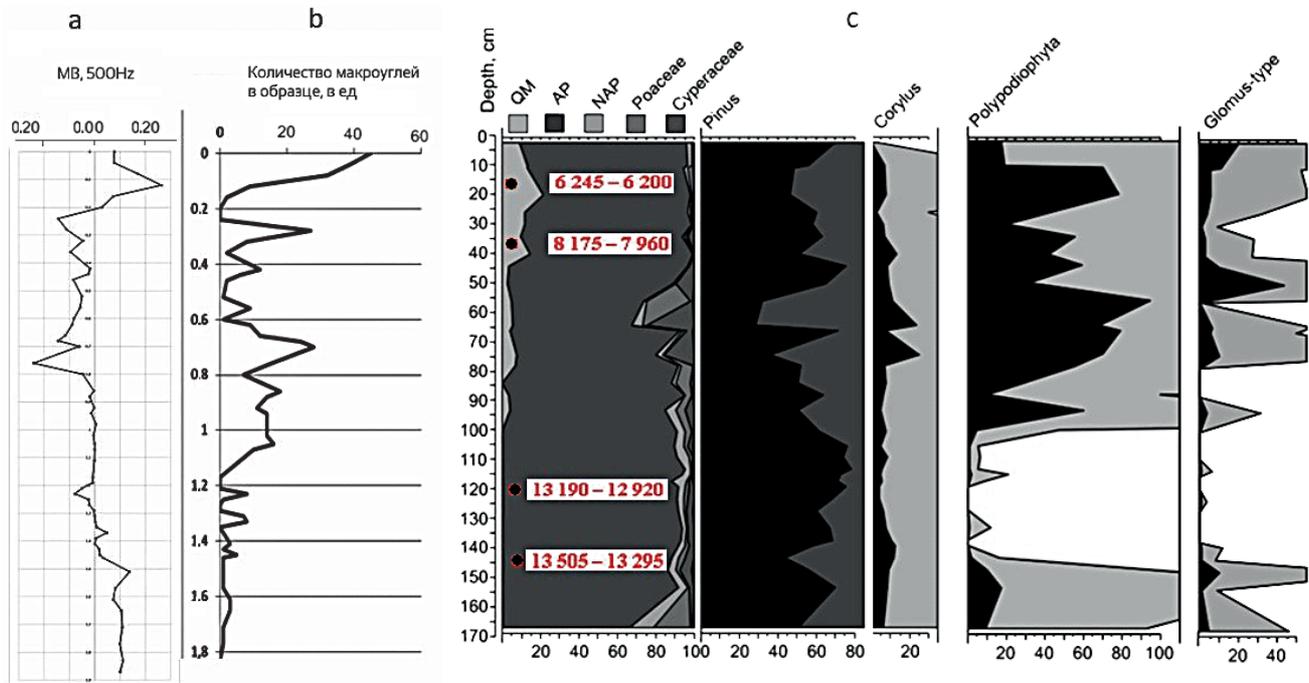


Рис. 2. Результаты комплексного анализа отложений торфяника Утиное Болото: а — значения магнитной восприимчивости; б — количество макроуглей в образце (в ед.); с — процентное содержание древесных пород и других групп растительности, а также сосны, лещины, папоротников и спор гриба *Glomus* и радиоуглеродный возраст (кал. л. н.)

Fig. 2. Results of a comprehensive analysis of the Utinoe Boloto peat bog sediments: а — magnetic susceptibility values; б — amount of macrocoals in the sample (in units); с — percentage of tree species and other vegetation groups, as well as pine, hazel, ferns, and *Glomus* fungal spores and radiocarbon age (cal yr BP)

Начиная с 8400 ± 460 кал. л. н. в растительном покрове исследуемой территории вновь происходят существенные изменения. Значительно увеличивается количество пыльцы древесных пород (свыше 95 %) — прежде всего, сосны, ольхи (*Alnus*), липы (*Tilia*). После 7300 ± 570 кал. л. н. исчезает граб, в то время, как вяз и дуб (*Quercus*) отмечены постоянно. Пыльца травянистых растений необильна. Процент папоротников все так же высокий, хотя снижается после 6000 ± 310 кал. л. н. В этой зоне вновь возрастает количество водорослей, постоянно отмечены споры *Glomus*. Выявленный палиноспектр свидетельствует о значительной роли сосновых смешанных, а также широколиственных лесов в растительном покрове среднего голоцена.

Особенности локальной природной среды и влияние антропогенного фактора. Наряду с выявленными типичными региональными особенностями позднеледниковой и раннеголоценовой растительности Юго-Восточной Прибалтики, такими как преобладание сосны и березы в составе лесов, присутствие можжевельника в подлеске, наличие открытых ландшафтов с польнями, злаками и маревыми в позднеледниковье (Wačnik, 2009; Veski et al., 2012; Fiłoc et al., 2024), в изученном палиноспектре выделяются и локальные особенности. Корреляция этих данных с результатами палеантракологического и НПП-анализов позволяют предположить воздействие антропогенного фактора на окружающие ландшафты как результат освоения данной территории древним населением уже с начала голоцена.

Прежде всего обращает на себя внимание упоминаемое выше сокращение древесных пород в начале

голоцена. Региональные (Wačnik, 2009; Fiłoc et al., 2024) и локальные (Druzhinina et al., 2015, 2023) данные свидетельствуют о противоположном тренде — об увеличении густоты и сомкнутости древесного покрова в раннем голоцене, что связывается с амелиорацией климата. По-видимому, палиноспектр Утиное Болото отражает не климатический, а антропогенный фактор в динамике древесного покрова. Сокращение доли древесных пород на исследуемой территории сопровождается и другими индикаторами антропогенной деятельности: усилением пожарной активности, фиксируемой в количестве макроуглей в образцах, и почвенной эрозии, о чем свидетельствуют первый голоценовый пик *Glomus*, а также пыльца подорожниковых. Вероятно, следствием увеличения разреженности лесов и участия пожаров в этом процессе является и значительное процентное содержание папоротников в составе спектра начиная с $11\,500 \pm 860$ кал. л. н. Следствием описанных процессов может быть и распространение вторичных березовых лесов.

В раннем голоцене по палинологическим данным выделяется по крайней мере два пика антропогенной активности: около $10\,300 \pm 960$ кал. л. н. и в интервале $9600\text{—}8100 \pm 500$ кал. л. н., видимые по максимальному для первой половины голоцена сокращению древесной растительности, сопровождаемому пиками пожарной активности и почвенной эрозии (повышенные показатели MB и *Glomus*). Можно предположить нарушение (вытаптывание) почвенного покрова на месте древней хозяйственной деятельности и преднамеренное обезлесивание территории вокруг. Важной особенностью этих временных интер-



валов являются два максимума пыльцы *Corylus*. Преднамеренное сжигание леса для распространения лещины — это дискуссионный и активно изучаемый в последние два десятилетия в археологии и палеоэкологии феномен, известный на территории от Британских островов и Скандинавии до Северной Польши (Bishop et al., 2015; Gross et al., 2019; Waćnik et al., 2020). Лещина, вероятно, являлась одним из важнейших растительных ресурсов, поскольку составляла существенную часть рациона в мезолите, использовалась в различных хозяйственных целях (как древесины, волокна) и в качестве топлива. Наблюдаемая в палеоэкологических данных Утиное Болото картина находит отражение и в данных палеоархивов Виштынецкой (Сувалкской) возвышенности — еще одного района с выявленными мезолитическими памятниками археологии. Так, *Corylus* в палиноспектрах из разрезов донных отложений озер Камышового и Чистого колеблется в пределах 20–40 % на протяжении всего мезолита, что значительно выше, чем процентное соотношение в спектрах других палеоархивов Калининградской области, не превышающее 2–3 % (Druzhinina et al., 2025). Археологические и палеоботанические свидетельства распространения лещины и одновременного выжигания леса были получены на соседних (польских) территориях Сувалкской возвышенности (Waćnik et al., 2020). Здесь интенсивное использование фундука подтверждается археологическими находками, в то время как одновременные спорово-пыльцевые спектры (СПС) отмечают разрастание *Pteridium aquilinum* и растений-индикаторов открытых местообитаний (*Roaseae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Rumex*) при росте кривой микроуглей. Так же, как и в случае Утиное Болото, высокие значения *Corylus* в пыльцевом спектре оз. Камышового сопровождаются одновременными пиками орляка (*Pteridium aquilinum*) — до 18 % и повышенными значениями геохимических показателей горения древесины (Ba, Sr) (Druzhinina et al., 2023). Необходимо отметить, что в палеоархивах голоцена не прослеживается закономерность «лесные пожары — высокий процент лещины в СПС». Это особенно очевидно для пиков пожарной активности позднего голоцена, не сопровождаемых повышенными значениями пыльцы лещины. В то же время фиксируется закономерность «мезолитические стоянки — лесные пожары — высокий процент лещины в СПС», что свидетельствует в пользу предположения об антропогенной природе распространения лещины в раннем голоцене, связанной именно со стратегиями жизнеобеспечения в мезолите.

В данных разреза Утиное Болото наряду с четко выделяемыми двумя этапами интенсивного освоения территории в раннем голоцене (около 9600 ± 960 кал. л. н.) фиксируется период с меньшей антропогенной нагрузкой. На этом этапе возможного запустения территории происходит восстановление лесной растительности, снижаются значения лещины и папоротников в пыльцевом спектре, сокращается интенсивность почвенной эрозии.

Итак, предварительные результаты исследования разреза отложений Утиное Болото позволяют дополнить картину жизнедеятельности мезолитического общества и особенностей его воздействия на окружа-

ющую природную среду. Полученные данные свидетельствуют о том, что стратегии жизнеобеспечения того времени были основаны не только на рыболовстве и охоте, но и на активном освоении лесных растительных ресурсов. Дальнейшее изучение палеоархива Утиное Болото позволит детализировать данные о взаимодействии человека с природной средой в мезолите.

Выводы

В ходе проведенного комплексного исследования палеоархива Утиное Болото описана динамика растительного покрова, выявлены изменения почвенной эрозии и пожарной активности в позднеледниковье и раннем голоцене. Полученные результаты, рассмотренные в контексте региональной динамики растительного покрова, позволили выделить его локальные особенности, вероятно связанные с антропогенным воздействием: сокращение древесных пород на фоне пикового содержания лещины и папоротников.

Данные палинологии и палеоантракологии фиксируют начало освоения исследуемой территории по изменению растительного покрова и максимальному для разреза содержанию макроуглей, а также индикаторов почвенной эрозии. Изменения ярко выражены в интервале 10 300–8100 кал. л. н. Можно предположить нарушение (вытаптывание) почвенного покрова на месте древней хозяйственной деятельности и преднамеренное сведение леса на территории вокруг. Повышенные значения содержания пыльцы лещины и спор папоротников в сочетании с пиками макроуглей могут свидетельствовать о выжигании участков леса для стимулирования роста лещины как одного из важнейших растительных ресурсов в жизнеобеспечении мезолитического населения. В период возможного запустения территории (около 9600 кал. л. н.) происходит восстановление лесной растительности, сокращается интенсивность почвенной эрозии.

Таким образом, проведенное исследование указывает на активную роль древнего человека во взаимодействии с природой и интенсивное антропогенное воздействие на окружающий ландшафт и растительность в непосредственной близости от поселения уже в мезолите.

Исследование проводится при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-17-00113-П, <https://rscf.ru/project/22-17-00113>.

Литература / References

- Географический атлас Калининградской области* / Гл. ред. В. В. Орленок. Калининград: Издательство КГУ, ЦНИТ, 2002. 276 с.
- Geographical atlas of the Kaliningrad region. Ed. V. V. Orlenok, Kaliningrad: KSU, CNIT, 2002, 276 p. (in Russian)
- Гричук В. П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. М.: Наука, 1940.
- Grichuk A. I. The preparation methodology of the organic poor sediments for the pollen analysis. Problems of physical geography. Moscow: Nauka, 1940 (in Russian)



- Тимофеев В. И., Зайцева Г. И., Долуханов П. М., Шукуров А. М. Радиоуглеродная хронология неолита Северной Евразии. СПб.: Теза, 2004. 157 с.
- Timofeev V. I., Zaitseva G. I., Dolukhanov P. M., Shukurov A. M. Radiocarbon chronology of the Neolithic of Northern Eurasia. St. Petersburg: Teza, 2004, 157 p. (in Russian)
- Bishop R. R., Church M. J., Rowley-Conwy P. A. Firewood, food and human niche construction: the potential role of Mesolithic hunter-gatherers in actively structuring Scotland's woodlands. *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 108. P. 51–75.
- Blaesild P., Hallgren F., Nielsen A. B. Early Holocene vegetation development at Mesolithic fen dwelling sites in Dagsmosse, south-central Sweden, and its implications for understanding environment – human dynamics at various scales. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2024. 641. 112106
- Bos J. A. A., Urz R. Late Glacial and early Holocene environment in the middle Lahn river valley (Hessen, central-west Germany) and the local impact of early Mesolithic people – pollen and macrofossil evidence // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2003. Vol. 12 (1). P. 19–36.
- 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. <https://doi.org/10.3390/f16081336>
- Druzhinina O. A., Gedminienė L., Skhodnov I. N., Burko A. A. Anthropogenic activity in prehistory as seen from archaeological and palaeoenvironmental data in the southeastern Baltic on the background of the Holocene climate. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. 2025. 70 (1). P. 70–86. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2025.104>
- Druzhinina O., Stančikaitė M., Gedminienė L., Vaikutienė G., Lavrova N., Kublitskiy Y., Subetto D. Anthropogenic impact on the landscape of the Vishtynets Upland (Kaliningrad region, SE Baltic) in prehistory and Middle Ages: a multi-proxy palaeoenvironmental study // *Quaternary International*. 2023. doi:10.1016/j.quaint.2022.05.016
- Druzhinina O., Subetto D., Stančikaitė M., Vaikutienė G., Kublitskiy J., Arslanov Kh. Sediment record from Kamyshovoe Lake, Kaliningrad Region: new data on history of vegetation in the late Pleistocene – early Holocene // *Baltica*. 2015. Vol. 28 (2). P. 121–134.
- Fiłoc M., Kupryjanowicz M., Suchora M., Luoto T., Nevalainen L. Late-Weichselian (Vistulian) environmental changes in NE Poland – Evidence from Lake Suchar Wielki // *Catena*. 2024. 234. 107546.
- Kisieliene D., Stančikaitė M., Merkevičius A., Namickienė R. Vegetation responses to climatic changes during the late glacial according to palaeobotanical data in western Lithuania: preliminary results. *Polish Geological Institute Special Papers*. 2005. 16. P.45–52.
- Moore P. D., Webb J. A., Collison M. E. Pollen analysis. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1991.
- Mustaphi C. J. C., Pisaric M. F. J. A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments // *Progress in Physical Geography*. 2014. P. 1–21.
- Stančikaitė M., Šeirienė V., Kisielienė, D., Martma, T., Gryguc G., Zinkutė R., Mažeika J., Šinkūnas P. Lateglacial and early Holocene environmental dynamics in northern Lithuania: A multi-proxy record from Ginkūnai Lake. *Quaternary International* 2014. 357. P. 44-57.
- Van Geel, B., Buurman J. J., Brinkkemper O., Schelvis. J. J., Aptroot A., van Reenen G., Hakbijl T. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science* 30. 2003. P. 873–883.
- Veski S., Amon L., Heinsalu A., Reitalu T., Saarse L., Stivrins N., Vassiljev J. Lateglacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14,500 and 11,400 cal yr BP: A complete record since the Bølling (GI-1e) to the Holocene. *Quat. Sci. Rev.* 2012. 40. P. 39–53.
- Wačnik A., Gumiński W., Cywa K., Bugajska K. Forests and foragers: exploitation of wood resources by Mesolithic and para – Neolithic societies in north-eastern Poland // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2020. Vol. 29. P. 717–736.
- Wačnik A. Vegetation development in the Lake Miłkowskie area, North-Eastern Poland, from the Plenivistulian to the late Holocene. *Acta Palaeobot.* 2009. 49. P. 287–335.

Поступила в редакцию / Received 01.11.2025



Хроника, события, факты • Chronicle, events, facts

Указатель материалов, опубликованных в *Вестнике геонаук* в 2025 г. Index of publications in *Vestnik of Geosciences* in 2025

Научные статьи	Номер	Стр.
Актуализация перспектив нефтегазоносности пермских отложений зоны сочленения Вилуйской синеклизы и Алданской антеклизы. <i>М. М. Тахватулин</i>	3	11
Вильгельм Оствальд. Творец физической химии. <i>А. М. Асхабов</i>	2	44
Влияние пробоподготовки на точность определения состава флюида в кварце методом газовой хроматографии при термическом вскрытии включений. <i>С. Н. Шанина, М. А. Корекина</i>	7	28
Возможности литологического картирования на территории северного окончания восточного склона Полярного Урала с использованием данных космического аппарата дистанционного зондирования Земли Harmonized Landsat Sentinel-2. <i>Ю. Н. Иванова</i>	11	26
Временные сейсмические наблюдения на севере Республики Коми (Полярный Урал) в 2023 году. <i>Н. Н. Носкова, Ф. Г. Верхоланцев</i>	2	34
Выявление геохимических маркеров ореольной проекции глубокозалегающих рудных тел по результатам опробования снежного покрова (на примере Турунтаевского полиметаллического месторождения). <i>М. П. Тентюков, И. С. Соболев, Д. В. Камашев, Г. В. Игнатьев, Р. И. Шайбеков, В. И. Михайлов, Е. Г. Язиков, Р. Ю. Гаврилов, В. С. Бучельников</i>	1	34
Геохимическая зональность вторичных ореолов рассеяния флангов Нежданнинского золоторудного месторождения, Якутия. <i>Ю. М. Панасенко, Д. Н. Чужинов</i>	2	17
Геохимические особенности почвенного покрова острова Валаам. <i>Е. Г. Панова, А. А. Шешукова, К. А. Бахматова, Г. А. Русаков, С. Н. Чуков</i>	2	27
Геохимия органического вещества торфов четвертичных отложений долины р. Сейды (северо-восток Печорской низменности). <i>Н. С. Бурдельная, Т. И. Марченко-Вагапова, Д. А. Бушнев</i>	12	3
Динамика изменения состава карьерных вод на примере месторождения гипса в Архангельской области. <i>В. А. Наход</i>	7	35
Динамика развития прибрежной котловины выдувания (Вислинская коса, Юго-Восточная Балтика). <i>А. Р. Данченков, Е. Д. Питерниекс, Н. С. Белов</i>	7	16
Диссимметризация в минералах группы эвдиалита. VI. Особенности P3-модели аналога высококальциевого эвдиалита из массива Тамазерт (Марокко). <i>Р. К. Расцветова, В. М. Гридчина, Н. В. Чуканов, С. М. Аксенов</i>	8	3
Ещё раз о феномене шаровой молнии. <i>А. М. Асхабов</i>	10	51
Золоторудное месторождение Тунанца в трубке взрыва (Кордильера-Дель-Кондор, юго-восток Эквадора) и вопросы классификации подобных объектов. <i>Х. П. Медина, П. А. Игнатов</i>	11	20
Из опыта преподавания. XVI. Минеральные ассоциации: смежность, парагенезис, парастерезис. К 260-летию со дня рождения В. М. Севергина. <i>Ю. Л. Войтеховский</i>	1	47
Из опыта преподавания. XVII. Бордюры и предельные группы Кюри. <i>Ю. Л. Войтеховский</i>	4	51
Из опыта преподавания. XVIII. Таблица 27 видов симметрии. <i>Ю. Л. Войтеховский</i>	9	36
Изменение кинетических характеристик органического вещества доманика при его термической эволюции. <i>Д. А. Бушнев, Р. С. Кашапов, Н. С. Бурдельная, П. В. Трушков</i>	9	3
Источники сноса терригенного материала при формировании аквальных отложений в Кельтминском погребённом каньоне (по данным изучения хромшпинелидов). <i>В. А. Исаков, Л. Н. Андреичева</i>	10	41
Каолининовые глины как перспективное сырьё для получения цеолитовых материалов. <i>А. В. Понарядов, О. Б. Котова, И. А. Перовский</i>	11	42
Карбонатизация терригенных коллекторов покурской свиты сеноманского яруса севера Западной Сибири: факторы образования и характер распространения. <i>Е. С. Лопатина, С. Р. Бембель, Р. М. Хисматуллин</i>	4	3
Кремний в железомарганцевых образованиях Японского моря: особенности выделения и взаимоотношение с главными рудными фазами. <i>Н. В. Астахова</i>	6	14
Ландшафтно-климатические обстановки осадконакопления в позднеледниковье и голоцене в низовье р. Черной (юго-восток Баренцевоморского региона, НАО). <i>Ю. В. Голубева, Т. И. Марченко-Вагапова</i>	4	14
Литолого-палеогеографическое районирование Европейского Северо-Востока России и корреляции морен в пределах территориальных зон. <i>Л. Н. Андреичева</i>	6	24
Мел-палеогеновые ископаемые смолы Якутии: молекулярный состав и термические свойства. <i>О. В. Мартиросян, М. А. Богдасаров</i>	8	14
Микроструктурные особенности нижнепермских ооидных известняков (Южный Тиман). <i>О. С. Ветошкина</i>	9	19
Минералогия медных шлаков Выйского завода. <i>Ю. В. Ерохин, В. С. Пономарев, А. В. Захаров, Л. В. Леонова</i>	5	29
Минералого-петрогеохимические особенности субщелочных порфировых пород зоны ГУР (балбукский комплекс, Магнитогорская мегазона Южного Урала). <i>А. А. Самигуллин, И. Р. Рахимов</i>	2	3
Минералы группы кричтонита в метариолитах и апобазитовых породах на Au-Pd-месторождении Чудное (Приполярный Урал). <i>С. А. Онищенко, Е. М. Тропников, В. А. Радаев</i>	7	3



Мониторинг постселевых изменений русла с применением БПЛА. <i>З. Ж. Гергокова</i>	8	9
Новые данные о взаимодействии людей мезолита с окружающей средой (Юго-Восточная Прибалтика). <i>А. А. Бурко, И. Н. Сходнов, Л. И. Лазукова, О. А. Дружинина</i>	12	46
Новые данные о строматопороидеях лымбадъяхинской свиты верхнего девона севера Пай-Хоя. <i>Е. В. Антропова</i>	3	47
Новые данные по морфологии малых озёр Заонежского полуострова (Онежское озеро, Карелия). <i>М. С. Потахин, А. В. Орлов, Д. А. Субетто</i>	12	37
Новый род строматолитов из палеопротерозоя Карельского кратона. <i>А. В. Лютиков, П. В. Медведев</i>	6	39
Обзор подводных курильщиков Срединно-Атлантического хребта. <i>И. Г. Добрецова</i>	1	25
Особенности распределения редкоземельных и редких элементов в корях выветривания Немской и Жезимпарминской возвышенностей Южного Тимана. <i>О. В. Гракова, К. С. Попвасев</i>	3	25
Оценка объемного содержания фаз по случайным сечениям. <i>А. В. Журавлев</i>	2	50
Оценка степени перекристаллизации карбонатов по шлифам на основе машинного обучения. <i>А. В. Журавлев</i>	8	25
Палеоантракологический анализ в исследовании позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики. <i>Л. И. Лазукова, К. Г. Филиппова, О. А. Дружинина</i>	12	31
Перспективы рудоносности по минералогическим данным участка «Западный Янги-Умид» (Узбекистан). <i>В. Д. Цой, С. С. Сайитов, А. В. Расулова, С. Е. Булин</i>	5	3
Петрофизическое группирование сланцевых пород неркаюского комплекса (Приполярный Урал). <i>Т. А. Пономарева, Е. В. Кушманова</i>	1	14
Погребение мастера-ювелира на Кокпомъягском могильнике вымской культуры (археологический и археоминералогический аспекты). <i>Э. А. Савельева, В. И. Силаев, В. Н. Филиппов, А. Ф. Хазов</i>	4	40
Применение малоуглубинной сейсморазведки на объектах Среднего Тимана. <i>В. В. Удоратин, А. Ш. Магомедова, Ю. Е. Езимова, А. В. Зелионко</i>	11	33
Происхождение и эволюция интрузивных пород зоны Главного Уральского разлома по данным петрогеохимии и термодинамического моделирования (Балбукский ареал, Южный Урал). <i>А. А. Самигуллин</i>	10	3
Процессы дегазации на дне Атлантического океана. <i>И. Г. Добрецова</i>	5	18
Региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы: вчера, сегодня, завтра. <i>Л. Р. Семенова, А. Е. Кротова-Путинцева, Е. С. Носевич</i>	12	14
Региональные закономерности распределения смол и асфальтенов в нефтях Западной Сибири. <i>Л. С. Борисова</i>	5	10
Результаты анализа современных данных геоэкологического мониторинга заброшенного Тырнаузского хвостохранилища. <i>А. Х. Шерхов</i>	9	28
Роль галогенов и серы в апатите при оценке потенциальной рудоносности гранитоидов тигертышского комплекса (Кузнецкий Алатау). <i>Е. В. Наставко, Т. В. Лешуков, А. С. Слесарев, Г. А. Федосюк</i>	4	32
Силурийские карбонатные отложения гряды Чернышева: история изучения и нефтегазоносность. <i>И. И. Даньщикова</i>	10	20
Состав углеводородов-биомаркеров битумоидов разновозрастных месторождений Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций. <i>Л. Х. Галиахметова, Р. А. Маркелов, Р. Э. Мухаматдинова, И. И. Мухаматдинов, А. В. Вахин</i>	3	3
Типоморфизм золота в метасоматитах золотосульфидного месторождения (Средний Урал). <i>А. В. Чумаков, О. В. Аликин, В. Н. Рудашевский, С. А. Удинцова, Е. Г. Панова, П. Н. Лейбзам</i>	1	4
Условия образования золотого оруденения в минерализованных зонах рудопроявления Ягодное по данным хлоритовой геотермометрии (кряж Манитанырд, Полярный Урал). <i>Т. П. Майорова, Л. И. Ефанова</i>	6	3
Уточнённая модель фильтрационно-ёмкостных свойств карбонатных коллекторов нефтяного месторождения в пределах северного окончания вала Сорокина (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция). <i>М. Е. Шабурова</i>	9	8
Финальный этап лёссонакопления в гляциальной области последнего оледенения (северо-запад Русской равнины). <i>А. В. Русаков, А. А. Леонтьев, А. О. Макеев, Н. В. Мокиевский</i>	12	23
Формирование голоценовых отложений в нижнем течении реки Чёрной (северо-запад Большеземельской тундры). <i>В. А. Исаков</i>	3	34
Цифровая систематизация миоспор девонского периода: разработка и опыт применения реляционной базы данных. <i>Н. Н. Бабикина, О. П. Тельнова</i>	11	47
Экстракция угля и шламов Печорского угольного бассейна в автоклаве при повышенных температуре и давлении в среде органического растворителя. <i>Д. В. Кузьмин, Н. С. Бурдельная, И. Н. Бурцев, В. А. Белый</i>	10	33
S-граниты Ижемской зоны фундамента Печорской синеклизы: особенности состава, результаты U-Pb SHRIMP-RG и ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar-датирования. <i>В. Л. Андреев, А. А. Соболева, Е. Г. Довжикова, М. А. Кобл, Ю. Л. Ронкин, А. В. Травин</i>	11	3

Хроника, события, факты

34-я Всероссийская научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента» (анонс)	7	52
--	---	----



34-я Всероссийская научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента»	11	55
Взгляд сквозь годы. Выставка полевых и экспедиционных фотографий М. Б. Тарбаева (1983—2020 гг.). <i>М. Тарбаев</i>	4	59
Вступая в 2025 год. <i>А. М. Асхабов</i>	1	3
Выдающийся геолог, минералог и геммолог. К 95-летию со дня рождения В. В. Буканова (1930—2018). <i>О. Б. Котова</i>	4	57
Геология рифов — 2025. Итоги. <i>А. Н. Сандула</i>	6	49
Государственная регистрация результатов интеллектуальной деятельности в 2025 году. База данных фондов Геологического музея им. А. А. Чернова. <i>К. С. Попвасев, И. С. Астахова</i>	8	31
Приложение для получения кинетических данных по изображениям атомно-силовой микроскопии роста кристаллов в растворе. <i>Н. Н. Пискунова</i>	8	33
День российской науки — 2025. День открытых дверей «Твой успех» в СГУ им. Питирима Сорокина — направление подготовки «Геология». <i>Т. П. Майорова</i>	2	55
Загадки недр. <i>И. С. Астахова</i>	2	54
Исследователь земных недр и его концепция недропользования. К 90-летию со дня рождения Юрия Андреевича Ткачёва (19.03.1935—01.10.2020). <i>О. Е. Амосова</i>	3	54
Новые издания	1	56
	8	35
Отцы, ковавшие победу. <i>Ю. В. Глухов</i>	5	35
План научных мероприятий в ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на 2025 год	1	56
Полевой геологический семинар «Палеозойские органогенные постройки бассейна р. Ильч, Северный Урал». <i>Е. С. Пономаренко</i>	7	49
Юшкинские чтения — 2026 (анонс)	9	44
Обложка <i>Вестника геонаук</i>		
Весна в верховьях реки Сывью, Приполярный Урал. <i>Фото М. Сокерина</i>	4	
Вторая ступень каскада Шумы на реке Большая Сумульта (Республика Алтай). <i>Фото А. Ю. Перетягина</i>	7	
Гнездо микрозёрен гётита в каолинит-гидрослюдистом агрегате рифейских кварцевых песчаников. Вольско-Вымская гряда Среднего Тимана. Шлиф в скрещенных николях <i>Фото М. Сокерина</i>	1	
Горный массив Хибины, Кольский полуостров. <i>Фото Е. Голубева</i>	10	
Грибные комары, представители сем. Mucetophilidae в балтийском янтаре. Эоцен, приабонский ярус. Калининградская область, пос. Янтарный. <i>Фото Р. А. Шуктомова</i>	11	
Зелёная водоросль <i>Pediastrum bogyanum</i> var. <i>longicorne</i> из осадков палеоозера, существовавшего 14 000 л. н. в низовье р. Сейды (Воркутинский р-он РК). Снято при увеличении 500. <i>Фото Ю. Голубевой</i>	3	
Известняк криноидный, р. Подчерем, С ₁ , визейский ярус. Коллекция А. Н. Шадрина (обр. № 548/396). <i>Фото А. Ю. Перетягина</i>	2	
Колониальный четырехлучевой коралл (<i>Rugosa</i>) из отложений сирачойской свиты (верхний фран, девон). Южный Тиман, возвышенность Сирачой. <i>Фото А. Перетягина</i>	8	
Непыльцевая палиноморфа из позднеледниковых донных отложений разреза Самбийский (Калининградская обл.). <i>Фото Ю. Голубевой</i>	12	
Окрашенное СЭМ-изображение частицы золота Кыввожского золотороссыпного поля (Вольско-Вымская гряда, Средний Тиман) с нетронутыми следами послойного роста. Образец Ю. В. Глухова. <i>Снимок В. А. Радаева</i>	9	
Рассланцованные метатерригенные породы алькесвожской свиты (руч. Алькесвож, Приполярный Урал). <i>Фото Н. Н. Носковой</i>	6	
Строматопороидея <i>Trupetostroma uchtensis</i> , верхний девон, франкий ярус, сирачойская свита (Ухтинский район, Республика Коми). <i>Фото Е. Антроповой</i>	5	

Авторский указатель Author Index

Аксенов С. М.	8	3	Астахова И. С.	8	31	Бембель С. Р.	4	3
Аликин О. В.	1	4	Астахова Н. В.	6	14	Богдасаров М. А.	8	14
Амосова О. Е.	3	54	Асхабов А. М.	1	3	Борисова Л. С.	5	10
Андреичев В. Л.	11	3		2	44	Булин С. Е.	5	3
Андреичева Л. Н.	6	24		10	51	Бурдельная Н. С.	9	3
	10	41	Бабикина Н. Н.	11	47		10	33
Антропова Е. В.	3	47	Бахматова К. А.	2	27		12	3
	5	обл.	Белов Н. С.	7	16	Бурко А. А.	12	46
Астахова И. С.	2	54	Белый В. А.	10	33	Бурцев И. Н.	10	33



Бучельников В. С.	1	34	Лазукова Л. И.	12	46	Расцветаева Р. К.	8	3
Бушнев Д. А.	9	3	Лейбгам П. Н.	1	4	Рахимов И. Р.	2	3
	12	3	Леонова Л. В.	5	29	Ронкин Ю. Л.	11	3
Вахин А. В.	3	3	Леонтьев А. А.	12	23	Рудашевский В. Н.	1	4
Верхоланцев Ф. Г.	2	34	Лешуков Т. В.	4	32	Русаков А. В.	12	23
Ветошкина О. С.	9	19	Лопатина Е. С.	4	3	Русаков Г. А.	2	27
Войтеховский Ю. Л.	1	47	Лютиков А. В.	6	39	Савельева Э. А.	4	40
	4	51	Магомедова А. Ш.	11	33	Сайитов С. С.	5	3
	9	36	Майорова Т. П.	2	55	Самигуллин А. А.	2	3
Гаврилов Р. Ю.	1	34		6	3		10	3
Галиахметова Л. Х.	3	3	Макеев А. О.	12	23	Сандула А. Н.	6	49
Гергокова З. Ж.	8	9	Маркелов Р. А.	3	3	Семенова Л. Р.	12	14
Глухов Ю. В.	5	35	Мартиросян О. В.	8	14	Силаев В. И.	4	40
Голубев Е. А.	10	обл.	Марченко-Вагапова Т. И.	4	14	Слесарев А. С.	4	32
Голубева Ю. В.	3	обл.		12	3	Соболев И. С.	1	34
	4	14	Медведев П. В.	6	39	Соболева А. А.	11	3
Гракова О. В.	3	25	Медина Х. П.	11	20	Сокерин М. Ю.	1	обл.
Гридчина В. М.	8	3	Михайлов В. И.	1	34		4	обл.
Данченков А. Р.	7	16	Мокиевский Н. В.	12	23	Субетто Д. А.	12	37
Даньщикова И. И.	10	20	Мухаматдинов И. И.	3	3	Сходнов И. Н.	12	46
Добрецова И. Г.	1	25	Мухаматдинова Р. Э.	3	3	Тарбаев М. Б.	4	59
	5	18	Наставко Е. В.	4	32	Тахватулин М. М.	3	11
Довжикова Е. Г.	11	3	Наход В. А.	7	35	Тельнова О. П.	11	47
Дружинина О. А.	12	31	Носевич Е. С.	12	14	Тентюков М. П.	1	34
	12	46	Носкова Н. Н.	2	34	Травин А. В.	11	3
Езимова Ю. Е.	11	33		6	обл.	Тропников Е. М.	7	3
Ерохин Ю. В.	5	29	Онищенко С. А.	7	3	Трушков П. В.	9	3
Ефанова Л. И.	6	3	Орлов А. В.	12	37	Удинцова С. А.	1	4
Журавлев А. В.	2	50	Панасенко Ю. М.	2	17	Удортин В. В.	11	33
	8	25	Панова Е. Г.	1	4	Федосюк Г. А.	4	32
Захаров А. В.	5	29		2	27	Филиппов В. Н.	4	40
Зелионко А. В.	11	33	Перетягин А. Ю.	2	обл.	Филиппова К. Г.	12	31
Иванова Ю. Н.	11	26		7	обл.	Хазов А. Ф.	4	40
Игнатов П. А.	11	20		8	обл.	Хисматуллин Р. М.	4	3
Игнатъев Г. В.	1	34	Перовский И. А.	11	42	Цой В. Д.	5	3
Исаков В. А.	3	34	Пискунова Н. Н.	8	33	Чужинов Д. Н.	2	17
	10	41	Питерниекс Е. Д.	7	16	Чуканов Н. В.	8	3
Камашев Д. В.	1	34	Понарядов А. В.	11	42	Чуков С. Н.	2	27
Кашапов Р. С.	9	3	Пономарев В. С.	5	29	Чумаков А. В.	1	4
Кобл М. А.	11	3	Пономарева Т. А.	1	14	Шабурова М. Е.	9	8
Корекина М. А.	7	28	Пономаренко Е. С.	7	49	Шайбеков Р. И.	1	34
Котова О. Б.	4	57	Попвасев К. С.	3	25	Шанина С. Н.	7	28
	11	42		8	31	Шерхов А. Х.	9	28
Кротова-Путинцева А. Е.	12	14	Потахин М. С.	12	37	Шешукова А. А.	2	27
Кузьмин Д. В.	10	33	Радаев В. А.	7	3	Шуктомов Р. А.	11	обл.
Кушманова Е. В.	1	14		9	обл.		12	обл.
Лазукова Л. И.	12	31	Расулова А. В.	5	3	Языков Е. Г.	1	34

Редакторы издательства:

О. В. Габова, К. В. Ордин (английский)

Компьютерная верстка

Т. В. Хазовой