

ИСТОРИЯ БЕЛОГО МОРЯ В ПАЛЕОАРХИВАХ ОЗЕР И БОЛОТ ЕГО ПОБЕРЕЖЬЯ

УДК 551.89

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ВАРЗУГИ И СТРЕЛЬНЫ И ДЕПРЕССИИ ОЗЕРА СЕРГОЗЕРА В ГОЛОЦЕНЕ (ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

© 2022 г. А. А. Потапович^а, Е. С. Носевич^{б, *}, Е. М. Бобровникова^с

^аСеверо-западное ПГО, Санкт-Петербург, Россия

^бВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

^сИнститут физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

*e-mail: katenosevich@mail.ru

Поступила в редакцию 16.05.2022 г.

После доработки 07.08.2022 г.

Принята к публикации 18.08.2022 г.

По материалам палинологического анализа трех разрезов торфяников в междуречье рр. Варзуги и Стрельны и депрессии оз. Сергозера дана характеристика основных этапов развития растительного покрова изучаемого региона в голоцене. Сделано предположение о пребореальном возрасте лимно-аллювиальной толщи, формирование которой происходило в период после отступления ледника с территории и до начала торфообразовательного процесса. Материалом для формирования лимно-аллювия послужил мелкозем самой морены. Получены две радиоуглеродные даты, маркирующие начало торфонакопления. Для базальных слоев торфяной толщи, вскрытой в уступе террасы оз. Сергозера, определен возраст 11645–11589 кал. л. н. При этом на окружающей территории развивались редкостойные сосновые леса. Максимальное развитие торфонакопления отмечено в атлантическом периоде. На территории в этот момент господствовали елово-сосновые сообщества с борельными элементами флоры. В спорово-пыльцевых спектрах обнаружена пыльца широколиственных пород. В суббореальное время происходит выпадение термофильных элементов флоры из палиноспектров. Для корректной интерпретации результатов палинологического анализа были отобраны субрецентные поверхностные пробы. Их спектры показывают высокую степень корреляции друг с другом, отражая существование современных сосновых вересково-зеленомошных сообществ на изучаемой территории.

Ключевые слова: Кольский полуостров, голоцен, радиоуглеродное датирование, торфяник, палинологический анализ, палеогеография, растительность

DOI: 10.31857/S2587556622060139

ВВЕДЕНИЕ

В 2018–2020-х годах осуществлялось изучение четвертичных образований в рамках проведения геолого-съёмочных работ масштаба 1 : 200000 в границах контуров топографической карты Q-37-VII, VIII. Основными полигонами изучения были выбраны междуречье Варзуги и Стрельны, а также бассейн оз. Сергозера (рис. 1) как наиболее перспективные для изучения отложений голоцена участки.

Долина р. Варзуги является одним из значимых объектов для палеогеографических реконструкций, так как в ее границах сохранилась редкая для Кольского полуострова геологическая летопись. Здесь обнаружены отложения среднего неоплейстоцена (Korsakova et al., 2019), осадки микулинского, подпорожского и ленинградского горизонтов (Апухтин и др., 1977; Корсакова и др.,

2011), а также детально описаны позднеледниковые образования (Евзеров, 2016). Исследованиями также охвачен и голоцен региона (Говберг, 1970; Колька и др., 2013). Тем не менее, многие детали истории развития данной территории и ее растительности в послеледниковые практически не изучались. Некоторые пробелы могут быть заполнены фактическими материалами, представленными в данной статье.

В максимум валдайского оледенения Кольский полуостров был полностью занят Скандинавским ледниковым щитом. Масса льда, дезинтегрировавшая отложения предыдущих эпох, двигалась по простиранию с северо-запада на юго-восток по простиранию геологических структур (Stroeven et al., 2016). Основная морена плащеобразно покрыла значительную часть изучаемой территории (Елина и др., 2000). Флювиогляциальные и

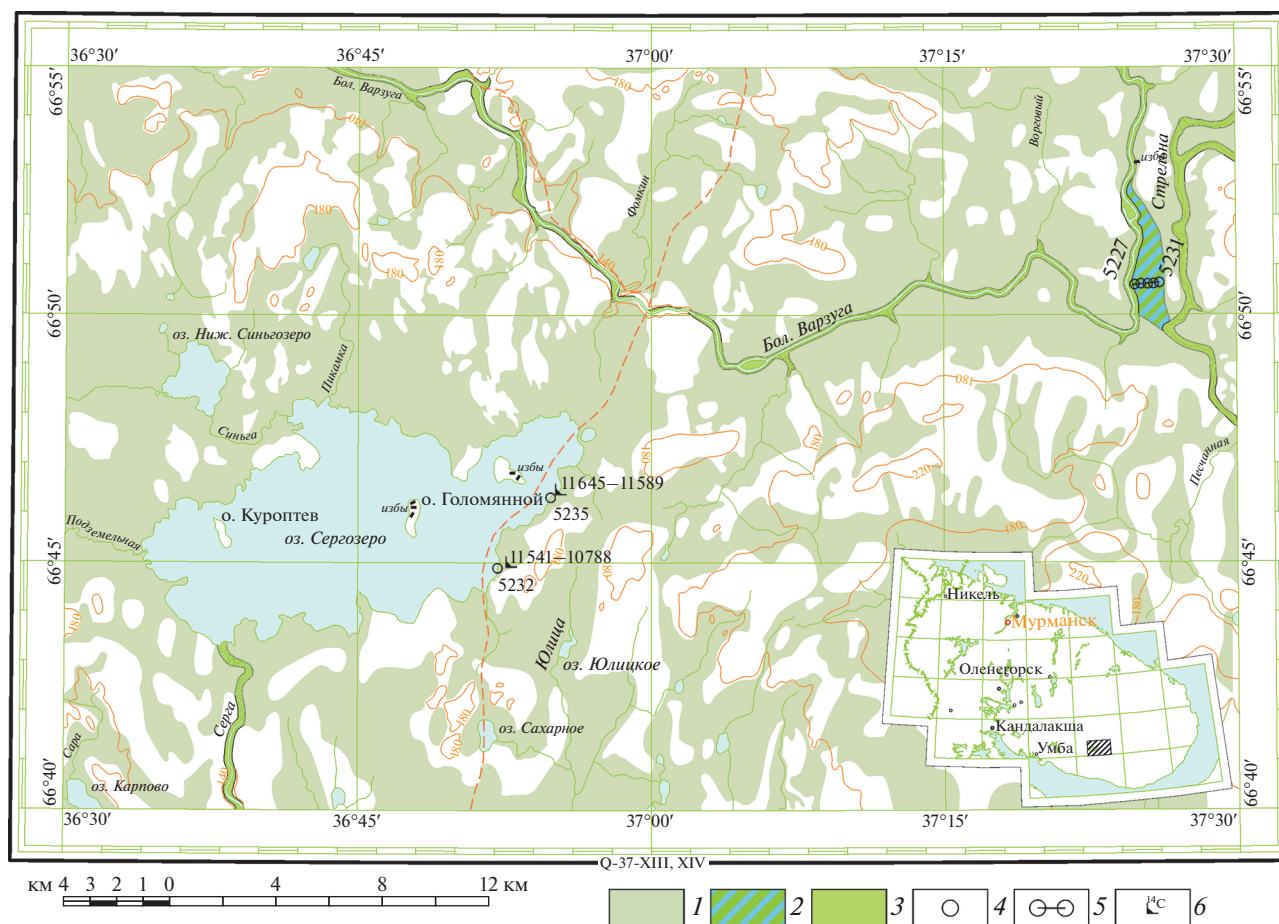


Рис. 1. Карта-схема региона работ.

1 – палиустрий (болотные отложения); 2 – лимногляциальный; 3 – аллювий; 4 – разрезы; 5 – серия разрезов в междуречье рр. Варзуги и Стрельны; 6 – радиоуглеродные датировки (указан калиброванный возраст).

лимногляциальные отложения имеют весьма ограниченное распространение (Svendsen et al., 2004). На северо-западе и северо-востоке изучаемой территории наблюдаются единичные озовые гряды, а одиночные камовые холмы отмечаются между рр. Малой Варзуги и Стрельной (Евзеров и др., 1976). В голоцене на исследуемой территории гляцио-изостатическое поднятие было менее интенсивным в сравнении с западным побережьем Кандалакшского залива (Никонов, 1966; Толстобров, Колька, 2019), но отмечены проявления неотектонической активности (Авенариус, 2004; Зарецкая, Репкина, 2015). Они привели к дополнительному осложнению рельефа (Романенко, 2021), увеличив количество депрессий, в которых на протяжении голоцена происходило торфонакопление.

Многочисленные торфяники в регионе являются одним из основных палеоархивов (Агафонова и др., 2020; Kremenetski et al., 1999). Их исследование может существенно детализировать представление о развитии ландшафтов территории и, в

частности, ее растительности. Установлено, что с конца позднего дриаса до конца пребореального периода на территории были развиты редкостойные хвойные леса с участием мелколиственных, которые, по мере смягчения климата, заменялись более плотными и сложными по структуре растительными сообществами (Lenz et al., 2020; Snyder et al., 2000). В бореальном периоде широкое развитие получают сосново-еловые и елово-сосновые леса с большим количеством влаголюбивых растений, так как климат территории становился более влажным (Seppä et al., 2008). Климатический оптимум голоцена приходится на атлантический период (Solovieva et al., 2005), в который на южном побережье Кольского полуострова развиваются сосновые и елово-сосновые леса с участием бореальных элементов разнотравья (Snyder et al., 2000). При этом климат становился и более сухим (Boettger et al., 2003). В позднем голоцене, при похолодании и увеличении влажности климата, теплолюбивые травы выпадают из состава растительности, а сообщества в целом становятся бо-

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования образцов

Образец	Лабораторный номер	Интервал глубин, м	^{14}C возраст	Калиброванный возраст (кал. л. н., 1σ интервал)
5232/1	RGI-288	2.7–2.8	$11\,200 \pm 400$	11 541–10788
5235/1	RGI-289	1.95–2.05	$11\,400 \pm 300$	11 645–11 589

лее скудными (Малясова и др., 1974; Korhola and Weckstrom, 2004).

Отложения голоцена непосредственно в границах изучаемой территории (см. рис. 1), представлены лимноаллювием, аллювием и палиустрием (Клюнин, 1978). Аллювий приурочен непосредственно к долинам рек. Палиустрий распространен на большей части исследуемой территории, особенно в депрессиях рельефа. В депрессии оз. Сергозера он вскрывается на глубину около 3 м в уступе озерной террасы. В междуречье рр. Варзуги и Стрельны мощность торфяной толщи превышает 1 м. Лимноаллювиальные отложения на участке работ занимают значительные площади на заболоченной равнине между рр. Варзуга и Стрельна. Они представлены в нижней части гиттией, изредка – илистыми песками, часто бывают перекрыты торфянистыми отложениями. Низкий водораздел рр. Варзуги и Стрельны перекрыт лимноаллювием (Апухтин, 1978).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор образцов производился в ходе полевых работ в 2019 г. В междуречье Варзуги и Стрельны (см. рис. 1) и в уступе террасы в депрессии оз. Сергозера была заложена серия разрезов. Точки наблюдения выбирались на основании материалов аэрокосмосъемок и анализа карт фактического материала предшественников, сохранившихся в геологических отчетах: приоритет отдавался участкам, не охваченным в районе работ предыдущими исследованиями.

В трех разрезах были отобраны 83 образца для палинологического анализа и два образца для радиоуглеродного датирования (рис. 2).

Отбор проб для палинологического анализа проводился последовательно, без промежутков, масса образцов составляла 150–200 г. Для каждого из разрезов также были взяты субрецентные поверхностные пробы. Если в непосредственной близости от разреза отчетливо выделились два растительных сообщества, отдельный образец отбирался в каждом из них. Таким образом, было получено 12 субрецентных проб. Лабораторная обработка проб для палинологического исследований производилась по расширенной методике (Гричук, 1940). Бескарбонатный осадок разрушался пирофосфатом натрия и центрифугировался в тяжелой жидкости. Сравнительным ново-

введением может считаться применение много-разовой полимерной тяжелой жидкости ГПС-В, которая в целом является безопасной для окружающей среды. Из отмытого от реагентов образца изготавливались препараты для изучения под микроскопом. Полученные материалы исследовались под микроскопом Olympus CX31P по определителям (Куприянова, Алешина, 1972; Покровская, 1950), а также по коллекции препаратов ФГБУ “ВСЕГЕИ”. Диаграммы построены с помощью программы Tilia 2-0-41. Содержание таксонов рассчитывалось от общего состава пыльцы и спор, который принимался за 100%. Палинозоны выделены по содержанию таксонов пыльцы и спор.

Образцы для радиоуглеродного датирования были отобраны в торфах в основании разрезов террасы в депрессии оз. Сергозера (см. рис. 2). Датирование выполнялось в лаборатории ФГБУ “ВСЕГЕИ”. Калибровка результатов осуществлена с помощью программы Calib 8.2 по шкале Int-Cal 20 (Reimer et al., 2020).

По всей изучаемой площади (см. рис. 1) по сетке с шагом 5 км проводился отбор образцов моренных отложений массой 100–150 граммов. Всего было проанализировано 74 пробы. Территория была условно разделена на северную, центральную и южную части по широтам $66^{\circ}50'$ с.ш. и $66^{\circ}45'$ с.ш. соответственно, по которым производилось обобщение результатов. Для образцов песчаной фракции морены, а также для образца глины лимноаллювиальных отложений в основании разреза 5232 на интервале глубин 2.8–2.9 м (см. рис. 2) в Центральной лаборатории ФГБУ “ВСЕГЕИ” был выполнен 19-фракционный ситовой гранулометрический анализ с использованием рассеивающей машины AS 200 (“Reitsch”), электронных весов LP 620 S (“Sartorius”) и лазерного анализатора “Микросайзер 201А” (“ВА Инстал”).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Радиоуглеродный анализ. Два образца для радиоуглеродного анализа были отобраны в торфах в подошвах разрезов 5232 и 5235 (см. рис. 1, 2). Получены даты 11 541–10788 и 11 645–11 589 кал. л. н., соответствующие началу пребореального периода (табл. 1).

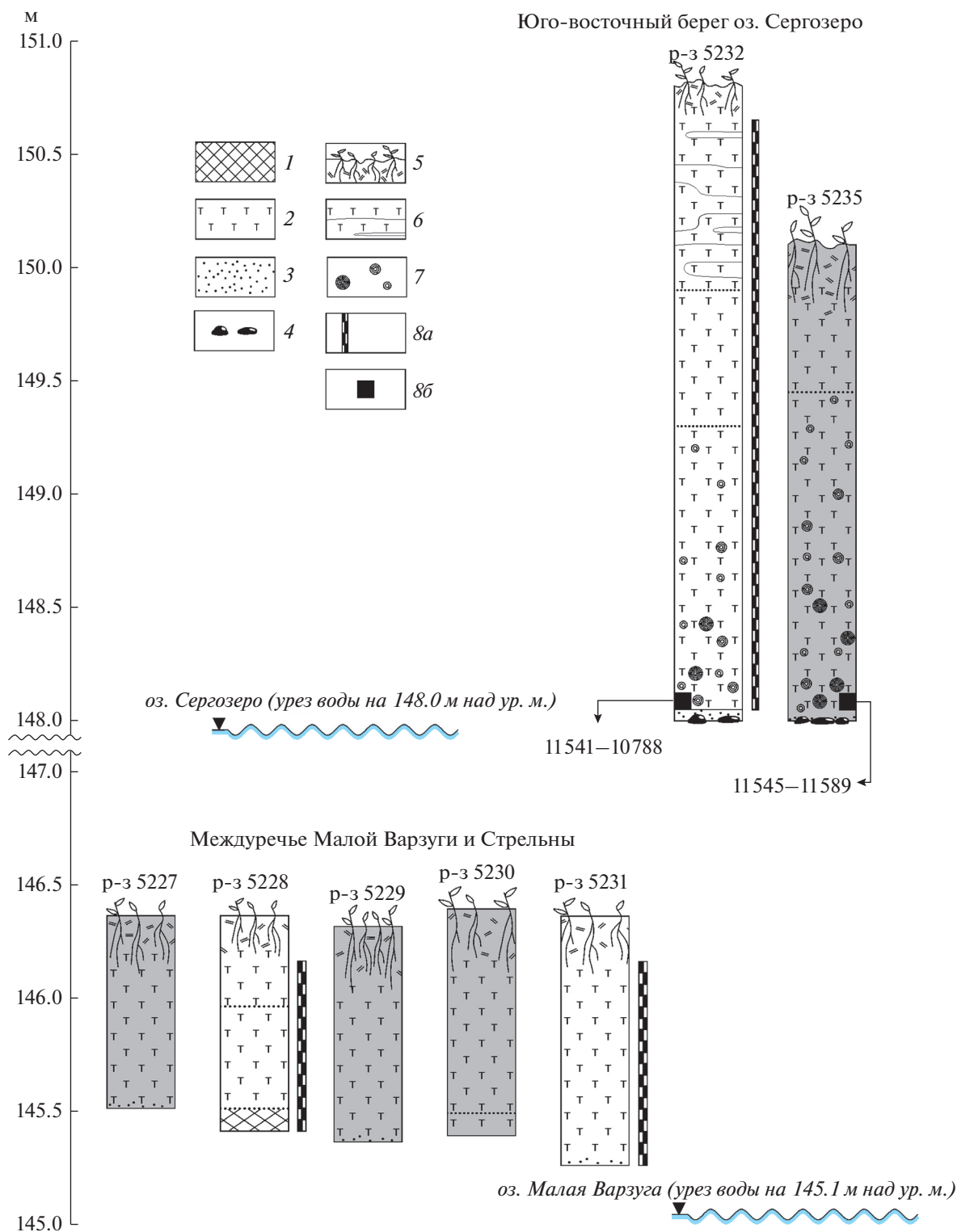


Рис. 2. Схемы разрезов в междуречье рр. Варзуги и Стрельны и в депрессии о. Сергозера.

1 – гиттия; 2 – торф; 3 – пески разноразмерные; 4 – галька и валуны; 5 – почвенно-растительный слой; 6 – проявление слоистости в торфе; 7 – корни деревьев; 8 – отбор проб для палинологического (а) и радиоуглеродного (б) анализов (указаны калиброванные датировки).

Таблица 2. Гранулометрический состав мелкой фракции морены из 3-х точек района исследований (см. рис. 1)

Фракция, мм	Т. 1. Содержание, %			Т. 2. Содержание, %			Т. 3. Содержание, %		
	минимум	максимум	среднее	минимум	максимум	среднее	минимум	максимум	среднее
	66°50'–66°55' с.ш.			66°45'–66°50' с.ш.			66°40'–66°45' с.ш.		
2.5–1.0	0	15.56	8.44	0	9.35	3.81	0.01	26.6	8.18
1.0–0.5	0.34	24.28	12.58	0.32	13.47	10.85	0.39	37.3	11.75
0.5–0.25	15.52	35.94	29.0	14.84	50.94	32.0	2.55	38	23.26
0.25–0.1	10.45	78.98	32.61	27.3	49.13	38.28	6.06	84.31	39.58
0.1–0.05	5.17	85.16	17.37	4.26	35.71	15.02	0.26	39.11	17.21

Гранулометрический анализ. Полученные образцы моренного материала, отобранные по всей изученной площади (см. рис. 1), в основном представлены средне-мелкозернистыми песками (табл. 2) с гравием, галькой и валунами. Содержание крупнообломочного материала в целом превышает 50%. Максимальная его концентрация приурочена к верхним горизонтам отложений, особенно вблизи выходов коренных пород. В образце лимноаллювия из подошвы (интервал глубин 2.8–2.9 м) разреза 5232 (см. рис. 2), напротив, преобладают пылеватые частицы (табл. 3).

Палинологический анализ. Лимноаллювиальные отложения были вскрыты разрезом на точке наблюдения 5228 (66°50'47.1" с.ш., 37°25'54.9" в.д.) (см. рис. 1 и 2). Отложения залегают на абсолютных высотах 145.4–146.4 м над ур. м. По результатам палинологического анализа отложений разреза была составлена диаграмма, где было выделено 3 палинозоны (рис. 3). По всему разрезу зафиксирована относительно невысокая концентрация пыльцы и спор, не превышавшая 320 зерен, однако сохранность форм очень хорошая.

На интервале 0.95–1.00 м были отобраны пробы зеленовато-серой гиттии, спорово-пыльцевые спектры которых формируют палинозону 1. Доминируют древесные (до 81.5%), среди которых выделяются *Picea* (до 39.4%), *Pinus* (до 29.3%) и *Betula nana* (до 11.2%). Отмечены *Alnus* и *Juniperus*. Травы (до 14.2%) представлены пылью Cyperaceae (до 9.7%), а также Rosaceae (до 3.6%), Asteraceae (до 2.9%). Отмечены *Myriophyllum* и *Comarum*, часто характерные для болот или подтопленных окраин озер. Встречены споры Bryales, Polypodiaceae, *Equisetum*. В препаратах обнаружены чистые колониальные водорослей и *Pediastrum*. Вероятно, данные палиноспектры соответствуют низинному болоту, сформировавшемуся в обрамлении сосново-еловых лесов.

Палинозона 2 (0.25–0.95 м) выделена в слое темного, почти черного торфа высокой степени разложения. Преобладают древесные (до 88.6%), среди которых доминируют пыльца *Pinus* (до 43.1%), *Betula* (до 22.3%) и *Picea* (до 18.4%), а так-

же отмечены *Betula nana* и *Alnus glutinosa*. Травы (до 8.5%) представлены пылью Cyperaceae (до 5.1%), Poaceae (до 2.0%), Polygonaceae, отмечены *Myriophyllum* и *Daphne*. Встречены споры *Selaginella* и Polypodiaceae. Пыльцы широколиственных в образцах не зафиксировано, однако единично отмечены рудеральные травы *Urtica* и *Plantago*. Встречены фитолиты и устьица хвойных деревьев, вероятно, ели и сосны. Данные палиноспектры могут принадлежать низинному болоту, периодически подтапливаемому, близ которого развиты елово-сосновые разнотравные сообщества.

На интервале глубин 0.0–0.25 м в слое коричневого торфа выделена палинозона 3. Пыльца древесных доминирует (до 87.4%). Выделяется *Pinus* (до 48.3%), широко представлена *Betula* (до 27.1%), отмечена пыльца *Betula nana*, *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, а также *Picea* и единично *Corylus*. Среди пыльцы трав (до 9.4%) преобладают Poaceae (до 4.6%), Cyperaceae (до 3.2%), Asteraceae, в том числе *Artemisia*. Зафиксированы *Polemonium* и *Rubus*. Отмечены многочисленные споры *Sphagnum*, а также *Lycopodium* и Polypodiaceae. Рудеральные виды отмечены единично – встречены *Rumex* и *Plantago*. А палиноспектрах, вероятно, зафиксировано потепление при уменьшении влажности климата – сокращается содержание влаголюбивых элементов, увеличивается доля представителей бореального разнотравья и сосны, а также отмечены единичные зерна широко-

Таблица 3. Результаты гранулометрического анализа лимноаллювиальных отложений (разрез 5232 (66°44'59.9" с.ш., 36°52'14.4" в.д.; см. рис. 1), глубина 2.8–2.9 м)

Фракция, мм	Содержание, %
1.0–0.5	0.01
0.5–0.25	0.39
0.25–0.1	2.55
0.1–0.01	12.74
0.001–0.01	84.31

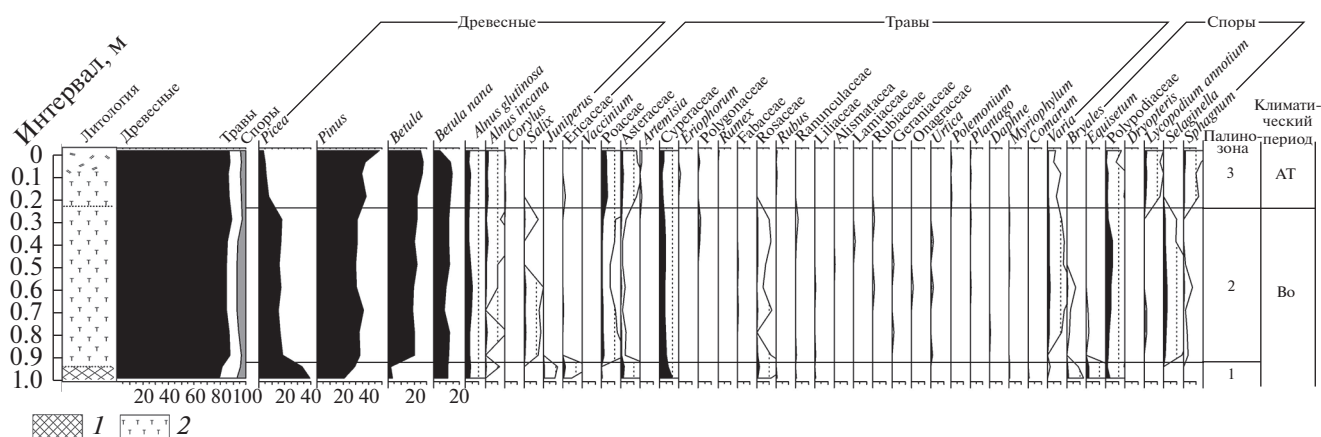


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза 5228, расположенного в междуречье Варзуги и Стрельны (66°50'47.1" с.ш., 37°25'54.9" в.д.; см. рис. 1). 1 – гиттия; 2 – торф.

Примечание: Климатические периоды даны по (Mangerud et al., 1974).

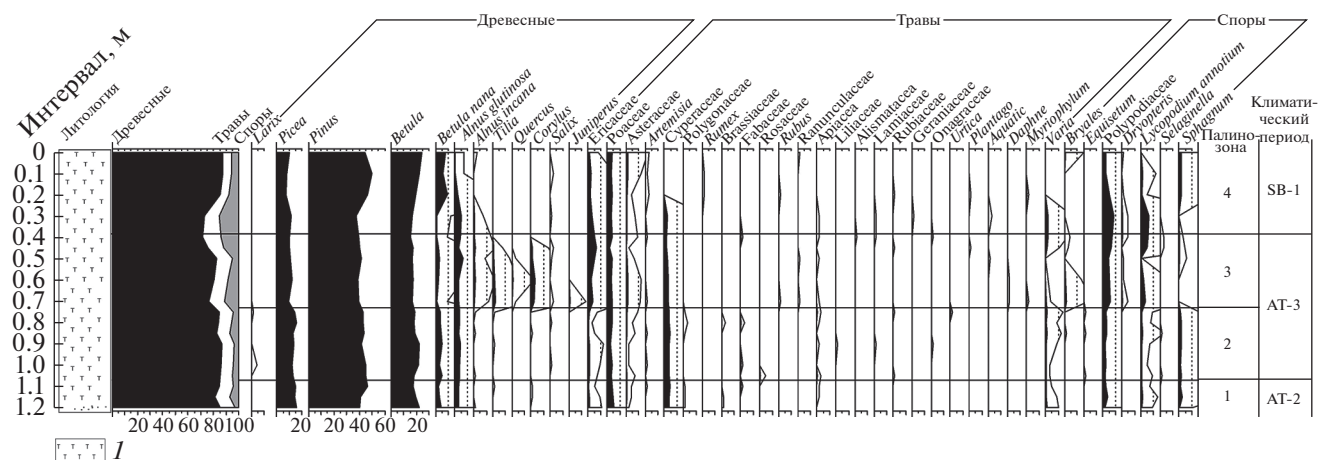


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза 5231, расположенного в междуречье Варзуги и Стрельны (66°50'50.2" с.ш., 37°26'13.1" в.д.; см. рис. 1). 1 – торф.

Примечание: Климатические периоды даны по (Mangerud et al., 1974).

лиственных. Учитывая находки пыльцы *Corylus*, можно предположить, что отложения формировались на рубеже бореального и атлантического периодов.

В разрезе 5231 (66°50'50.2" с.ш., 37°26'13.1" в.д.), расположенном на абсолютных отметках высот 145.4–146.6 м над ур. м. были вскрыты плотные торфянистые отложения, по своему облику отличающиеся от торфов из разреза 5228, описанного выше. По результатам палинологического анализа было выделено четыре палинозоны (рис. 4). По всему разрезу отмечена высокая концентрация пыльцы и спор (от 300 до 450 зерен) при хорошей их сохранности.

На интервале 1.10 – 1.20 м выделена палинозона 1. Преобладает пыльца древесных (до 86.5%), среди которых доминирует *Pinus* (до 46.6%),

обильно представлена пыльца *Betula* (до 22.1%) и *Picea* (до 15.3%). Встречены единичные широколиственные *Corylus* и *Tilia*. Представлены *Betula nana*, *Alnus glutinosa*, единично *Salix*. Среди пыльцы трав (до 11.3%) преобладают *Poaceae* (до 5.1%) и *Cyperaceae* (до 4.7%), встречаются представители семейств *Asteraceae* (в том числе *Artemisia*), *Ericaceae*, *Ariaceae*. Немногочисленные споры представлены *Sphagnum*, *Polypodiaceae*, *Lycopodium*. В большом количестве встречаются палиноморфы (споры грибов и фитолиты), а также мелкие частицы угля. Вероятно, формированию отложений сопутствовало развитие березово-сосновых лесов с участием ели.

В палинозоне 2 (0.75–1.10 м) доминируют древесные (до 87.3%), среди которых преобладают *Pinus* (до 50.1%), *Betula* (до 24.2%) и *Betula nana* (до 9.5%). Содержание пыльцы *Picea* не превышает

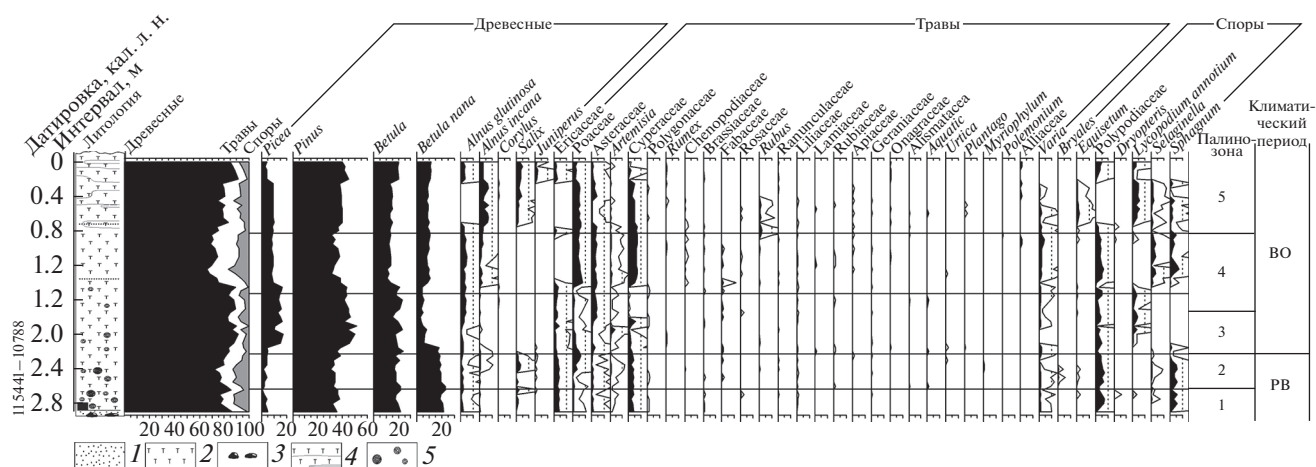


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза 5232, расположенного в депрессии оз. Сергозеро (66°44'59.9" с.ш., 36°52'14.4" в.д.; см. рис. 1).

1 – пески; 2 – торф; 3 – валуны и галька; 4 – проявление слоистости в торфе; 5 – корни деревьев.

Примечание: Климатические периоды даны по (Mangerud et al., 1974).

10.1%. Среди пыльцы трав (до 7.2%) преобладают Poaceae (до 4.3%), Ericaceae (до 2.1%), Asteraceae (до 1.9%), замечена *Artemisia*. Присутствует *Rutex*. Отмечены споры *Sphagnum*, *Lycopodium* и Polypodiaceae, в том числе *Dryopteris*.

В спорово-пыльцевых спектрах палинозоны 3 (0.40–0.75 м) содержание пыльцы древесных немного понижается относительно палинозоны 1 и составляют не более 82.3%. Количество пыльцы широколиственных *Corylus*, *Tilia* и *Quercus* возрастает до 5.5%, но они выпадают к верхней части палинозоны. Содержание пыльцы *Picea* снижается до 12.1%, в то время как пыльца *Pinus* выделяется, достигая 41.5%. *Betula* не превышает 17.5%. Отмечена пыльца *Alnus glutinosa*, *Betula nana*, единично – *Salix*. Среди пыльцы трав (до 13.1%) преобладают Ericaceae (до 6.6%), Poaceae (до 4.1%) и Cyperaceae (до 3.2%), а также отмечены Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae. Споры представлены Polypodiaceae, *Dryopteris*, *Lycopodium*. Встречены мелкие частицы угля и единичные устья хвойных, предположительно, сосен. В палиноспектрах зоны 4 (0.0–0.40 м) широколиственные полностью выпадают, а *Betula nana* в верхней части разреза достигает 10.1%, что является максимумом по разрезу. При этом отмечены зерна *Aquatic* и *Myriophyllum*. По всей видимости, в палинозоне 4 отражается формирование березово-сосновых лесов с сокращением разнообразия трав в напочвенном покрове вследствие увеличения доли карликовой березы.

Описанные спорово-пыльцевые спектры свидетельствуют, вероятно, о том, что торфяник формировался в атлантический и суббореальный периоды.

В разрезе 5232 (66°44'59.9" с.ш., 36°52'14.4" в.д.), вскрывшего торфяник на глубину 2.9 м, по результатам анализа было выделено 5 палинозон (рис. 5).

В палинозоне 1 (2.70–2.90 м) содержание пыльцы древесных колеблется от 79.1 до 86.5%. Доминируют *Pinus* (до 37.6%), *Betula* (до 22.1%) и *Betula nana* (до 21.4%). Отмечена пыльца *Picea* (не более 5.1%), *Salix* и *Alnus glutinosa*. Травы (до 11.4% в верхней части палинозоны) в основном представлены пыльцой Ericaceae (до 4.1%) и Poaceae (до 3.9%), отмечены Polygonaceae и Brassicaceae. Среди спор (до 12.5% в верхней части палинозоны) выделяются *Sphagnum* и Polypodiaceae (до 7.7%), отмечена *Selaginella*. Отмечено большое количество частиц угля.

Палинозона 2 (2.20–2.70 м) характеризуется высоким содержанием пыльцы древесных (до 85.1%), среди которых доминируют *Pinus* (до 34.2%), *Betula* (до 21.9%) и *Betula nana* (до 22.9%). Пыльца *Picea* не превышает 4.5%. Встречен *Salix*. Травы (до 15.2%) представлены пыльцой Cyperaceae (до 5.3%), Ericaceae (до 4.2%), Poaceae (до 3.7%). Присутствует *Artemisia*. Споры (до 13.4%) представлены в основном Polypodiaceae (до 7.3%). Отмечены немногочисленные мелкие частицы угля.

В палинозоне 3 (1.50–2.20 м) содержание древесных возрастает до 91.2%. Доминируют *Pinus* (до 51.5%), *Betula* (до 23.2%) и *Picea* (до 17.2%), а также отмечена пыльца *Betula nana* (не более 5.5%), *Alnus glutinosa* и единично в верхней части зоны – *Corylus*. Травы (до 10.1%) представлены Cyperaceae (до 5.3%), которые выпадают в верхней части зоны, Ericaceae (до 4.2%), а также Asteraceae (до 4.3%), в том числе *Artemisia*. Отмечены

мывание мелкозема (см. табл. 2). Он послужил субстратом для формирования плащеобразного слоя лимноаллювиальных осадков, залегающих на водораздельной поверхности рр. Варзуга и Стрельна. Это подтверждается тем, что по минералогическому составу глинистые (см. табл. 3) лимноаллювиальные отложения региона идентичны материалу остатков горизонтов (Клюнин, 1978). Лимноаллювий в междуречье Варзуги и Стрельны перекрыт торфяной толщей, мощность которой составляет более 1 м. Таким образом, возраст лимноаллювиальных осадков может быть обозначен промежутком времени между отступанием ледника с изучаемой территории (поздним дриасом) и началом формирования на ней палиюстрия.

О начале торфообразовательного процесса в бассейне оз. Сергозера свидетельствуют радиоуглеродные даты 11541–10788 и 11645–11589 кал. л. н. (см. табл. 1) базальной части торфа разрезов 5232 и 5235 (см. рис. 1 и 2). В это время на окружающей территории уже формируются, судя по спорово-пыльцевым спектрам разреза 5232, редкостойные сосновые леса, получившие к этому времени зональное распространение (Сапелко и др., 2016). Значительную роль в формировании травяно-кустарничкового яруса играла карликовая береза. Одновременно с этим имело место заболачивание территории на фоне переувлажнения, на что указывают большое количество пыльцы и спор осок, сфагновых мхов, многоножковых папоротников, а также урути и сабельника, присутствующих в спектрах. Очень малое количество пыльцы полыней и маревых указывает на то, что растительность не имела перигляциального облика (Snyder et al., 2000) и может сопоставляться, например, с современными сообществами лесотундры Кольского полуострова (Gervais, MacDonald, 2001). Значительная часть толщи разреза 5232 в интервале глубин 0.00–2.20 м в долине оз. Сергозера и часть разреза 5228 в междуречье Варзуги и Стрельны на интервале 0.25–1.00 м (см. рис. 2) коррелируют друг с другом и могут быть сопоставлены с бореальным временем. Об этом свидетельствует развитие елово-сосновых влаголюбивых растительных сообществ, проявляющихся в палиноспектрах высоким содержанием пыльцы, ели и осоковых, а также появление единичной пыльцы широколиственных, что характерно для бореального периода (Малясова и др., 1974; Boettger et al., 2003). В верхней части соответствующих отложений разрезов 5232 и 5228 замечено сокращение ели и увеличение содержания пыльцы мелколиственных пород, которое отмечено на значительной части территории Кольского полуострова в этот период (MacDonald et al., 2000).

Палиноспектры торфяных отложений мощностью 0.25 м в верхней части разреза 5228 (см. рис. 3) и 0.85 м в нижней части разреза 5231 (см. рис. 4)

коррелируют друг с другом и отражают, вероятно, развитие на территории елово-сосновых таежных сообществ. Присутствие пыльцы широколиственных пород максимально в обоих разрезах. Это позволяет предположить, что данные толщи сформировались в атлантическом периоде (Solovieva et al., 2005). На изучаемой территории установился сухой и теплый климат (Seppä et al., 2008), вследствие чего происходило пересыхание и обмеление мелких водоемов (Boettger et al., 2003). Находки пыльцы водных и прибрежно-водных растений в палиноспектрах палиюстрия разрезов 5231 и 5228 позволяют предполагать, что вместо полного пересыхания водоемов в рассматриваемом районе южной части Кольского полуострова происходило наиболее активное торфообразование. Максимальная мощность торфяной толщи в отдельных депрессиях рельефа достигает 6 м (Клюнин, 1978). Увеличение содержания пыльцы мелколиственных пород накладывается на сокращение количества пыльцы хвойных, особенно ели. Видимо, мелколиственные получили более широкое распространение в регионе, в то время как ель деградировала. Это может объясняться тем, что торфяная толща не создает препятствий для активного роста ольхи или березы, однако крайне неблагоприятна для развития сообществ с участием ели (Королева, 2009).

Судя по палиноспектрам разреза 5231 (см. рис. 4), верхняя часть изученной толщи торфяника (на интервале глубин 0.00–0.40 м) может датироваться суббореальным временем (MacDonald et al., 2000; Solovieva et al., 2005). Большое развитие в травяно-кустарничковом ярусе получает карликовая береза. Широколиственные полностью выпадают из спектров, что согласуется с другими данными (Елина и др., 1971; Korhola, Weckstrom, 2004). Высокое содержание спор многоножковых папоротников указывает, видимо, на общее переувлажнение территории. Климат, предположительно, стал более холодным и влажным, чем современный (Ilyashuk et al., 2005; Seppä et al., 2008).

В палиноспектрах поверхностных проб находят отражение современная растительность региона, представленная преимущественно сосняками вересково-зеленомошными. В изученных разрезах аналогичных спорово-пыльцевых спектров не наблюдается. По сравнению с палиноспектрами суббореального возраста в разрезе 5231 (см. рис. 4) отмечено значительно большее количество элементов бореального разнотравья. Отсутствие ярких различий между субрецентными спорово-пыльцевыми спектрами может объясняться как близостью точек отбора проб друг к другу, так и сходством растительных сообществ на точках отбора. При этом образцы 5227/2, 5229, 5232/1 (см. рис. 6) были отобраны в ивняках, что отчасти прослеживается в спектрах. Высокая степень сходства между современными палиноспектрами

междуречья Варзуги и Стрельны и депрессии оз. Сергозера дает основания предполагать, что сопоставление спорово-пыльцевых спектров изученных разрезов действительно обоснованно. Немаловажно отметить, что и в палиносpectрах разрезов, и в спектрах поверхностных проб присутствуют рудеральные виды растений, например, щавель, крапива и подорожник, которые считаются маркерами появления человека на территории (Сапелко, 2018).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования получены новые данные, позволяющие уточнить некоторые особенности развития растительного покрова в междуречье рр. Варзуги и Стрельны и в депрессии оз. Сергозера в голоцене с пребореального и до суббореального времени.

Лимноаллювиальные и болотные отложения голоцена развивались на моренных отложениях валдайского оледенения. Лимноаллювий формировался с момента отступления ледника с территории и до конца пребореального периода. Начиная с 11 541–10 788 кал. л. н., в депрессии Сергозера начался торфообразовательный процесс. На прилегающей территории были представлены редкостойные сосновые леса. В бореальном периоде на изучаемой площади произрастали елово-сосновые сообщества с большим количеством влаголюбивых элементов флоры, но к концу бореального периода ель частично заместились мелколиственными породами. Этот процесс, возможно, связан с активным торфообразованием, которое в атлантическом периоде охватило значительную площадь исследуемой территории, заполняя депрессии рельефа (см. рис. 1). Оно привело к небольшому сокращению площади пригодных для ели местобитаний, создав новые, более подходящие для ольхи и березы. В оптимуме голоцена для долины Варзуги и депрессии оз. Сергозера было характерно развитие елово-сосновых сообществ с участием березы. Ареал широколиственных пород, т.е. липы и дуба, видимо, продвинулся достаточно близко к изучаемому региону, обусловив присутствие их пыльцы в палиносpectрах региона. В суббореальном периоде произошло сокращение термофильной флоры в регионе. Наибольшее распространение получили сосновые леса, а в травяно-кустарничковом ярусе доминирующее положение заняла карликовая береза. В спорово-пыльцевых спектрах субрецентных поверхностных проб находит отражение существующая зональная растительность, представленная сосняками кустарничково-зеленомошными. При этом содержание в них бореальной флоры значительно выше, чем в спектрах суббореального возраста, а широколиственных — значительно меньше, чем содержится в спектрах атлантического периода.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую признательность коллегам из АО “Северо-западное ПГО” и ФГБУ “ВСЕГЕИ”, особенно И.А. Житниковой, Л.Р. Семёновой, О.В. Мишихиной, И.Б. Коляновой, Л.В. Тремба и Л.А. Тузовой за неоценимый вклад при подготовке статьи. Также авторы благодарят рецензентов за их неустанный труд и огромный вклад в работу над публикацией.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank their colleagues from the “North-Western Production Geological Association” and VSEGEI, especially I.A. Zhitnikova, L.R. Semionova, O.V. Mishikhina, I.B. Kolianova, L.V. Tremba and L.A. Tuzova for their help in materials collection and manuscript preparation. Authors greatly appreciate the hard work of the anonymous reviewers.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авенариус И.Г. Морфоструктура Беломорского региона // Геоморфология. 2004. № 3. С. 48–56.
- Агафонова Е.А., Полякова Е.И., Романенко Ф.А. Диатомовые водоросли в голоценовых отложениях Терского берега Белого моря в связи с историей его развития в послеледниковое время // Арктика и Антарктика. 2020. № 2. С. 1–16.
- Анхутин Н.И. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений юговосточной части Кольского полуострова // Четвертичная геология и геоморфология / Тр. ВСЕГЕИ. Л.: Госгеолтехиздат, 1978. Т. 297. С. 53–65.
- Анхутин Н.И., Ключин С.Ф., Ткаченко Л.И. Палеогеография восточной части Кольского п-ова в верхнем плейстоцене (по материалам 1972–1974 гг.) // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1977. С. 16–21.
- Говберг Л.И. Распределение моллюсков в толще голоценовых осадков Белого моря // Океанология. 1970. Т. 10. № 5. С. 837–846.
- Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физ. геогр. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
- Евзеров В.Я. Геология четвертичных отложений Кольского региона. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2016. 210 с.
- Евзеров В.Я., Каган Л.Е., Кошечкин Б.И. Формирование водных отложений Белого моря в связи с эволюцией обстановки в голоцене // Изв. ВГО. 1976. Т. 108. Вып. 5. С. 421–429.
- Елина Е.А. Корреляция спорово-пыльцевых спектров голоцена Карельской АССР, Ленинградской области и Финляндии // Палинология голоцена: К III Междунар. конф. (Новосибирск, СССР, 1971). М.: АН СССР, 1971. С. 91–105.
- Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковые и голоцен восточной Фенноскандии (па-

- леорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2000. 242 с.
- Зарецкая Н.Е., Репкина Т.Ю. Новые данные по истории Терского берега Белого моря в голоцене (район устья р. Варзуги) // Геология морей и океанов: Материалы XXI Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2015. Т. 3. С. 185–189.
- Калугина Л.В., Рыбалко А.Е., Спиридонова Е.А., Спиридонов М.А. Палинологическое изучение донных отложений северной части Белого моря как основа их стратиграфического расчленения // Вестн. ЛГУ. Сер. Геология. География. 1979. Вып. 2. № 12. С. 63–71.
- Клюнин С.Ф. Отчет Сергозерской партии о результатах групповой геологической съемки масштаба 1 : 50000, проведенной в 1974–1977 гг. в районе среднего течения реки Варзуги (Терский район Мурманской области; Q-36-48, 60; Q-37-37, 38, 49). ФБУ “ТФГИ по СЗФО”, 1978. № 23270.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. 171 с.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Мюллер Я.Й., Корнер Г.Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене — голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 1. С. 73–88.
- Королева Н.Е. Растительность Мурманской области как компонент биоразнообразия // Вестн. МГТУ. 2009. Т. 12. № 1. С. 153–166.
- Корсакова О.П., Семенова Л.Р., Колька В.В. Средне- и верхнелепестовые осадки в разрезе обнажения Варзуга (юг Кольского полуострова) // Региональная геология и металлогения. 2011. № 48. С. 19–24.
- Малясова Е.С., Ельчанинова Е.М., Вишневская Е.М. Пыльца и споры из донных осадков озер центральной части Кольского полуострова и некоторые вопросы палеогеографии голоцена этой территории // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л.: Наука, 1974. Ч. 1. С. 244–263.
- Никонов А.А. Стратиграфия плейстоцена Кольского полуострова // Сов. геология. 1966. № 8. С. 40–47.
- Покровская О.А. Введение в спорово-пыльцевой анализ. Л.: Наука, 1950. 460 с.
- Романенко Ф.А., Гаранкина Е.В., Джевахашвили П.С., Иоч М.Э., Чупраков Н.Р., Кононов Ю.М., Тимирева С.Н. Строение и динамика рельефа Западной части Терского берега Белого моря // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Вып. 8. С. 199–204.
- Сапелко Т.В., Колька В.В., Евзеров В.Я. Динамика природной среды и развития озер в позднем плейстоцене и голоцене на южном берегу Кольского полуострова (район пос. Умба) // Тр. Карел. науч. центра РАН. 2015. № 5. С. 60–69.
- Сапелко Т.В., Носевич Е.С., Кулькова М.А., Мурашкин А.И., Колпаков Е.М. Палеоэкологическая характеристика побережья Баренцева моря в позднем голоцене на примере полуострова Средний // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Вып. 64. № 4. С. 391–406. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-4-391-406>
- Толстобров Д.С., Колька В.В. Новые схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии за последние 10 тысяч лет // Вестн. Ин-та геологии Коми НЦ Уральского отд. РАН. 2019. № 11 (299). С. 3–8.
- Boettger T., Hiller A., Kremenetski K. Mid-Holocene warming in the northwest Kola Peninsula, Russia: northern pine-limit movement and stable isotope evidence // The Holocene. 2003. Vol. 13. Iss. 3. P. 405–412. <https://doi.org/10.1191/0959683603hl633rp>
- Gervais B.R., MacDonald G.M. Modern pollen and stomate deposition in lake surface sediments from across the treeline on the Kola Peninsula, Russia // Rev. of Palaeobotany and Palynol. 2001. Vol. 114. Iss. 3–4. P. 223–237. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(00\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(00)00076-2)
- Hätterstrand C., Clark C.D. Reconstructing the Pattern and Style of Deglaciation of Kola Peninsula, Northeastern Fennoscandian Ice Sheet // Glacier Science and Environmental Change / P.G. Knight (Ed.). Blackwell Science Ltd., 2006. 552 p. <https://doi.org/10.1002/9780470750636.ch39>
- Korhola A., Weckström J. Paleolimnological studies in Arctic Fennoscandia and the Kola Peninsula (Russia) // Long-term Environmental Change in Arctic and the Antarctic Lakes. Developments in Paleoenvir. Res. 2004. Vol. 8. P. 381–418. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2126-8_13
- Korsakova O., Molodkov A., Yelovicheva Y., Kolka V. Middle Pleistocene marine deposits on the Kola Peninsula (NW Russia) // Quat. Int. 2019. Vol. 509. P. 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.09.019>
- Kremenetski C., Vashalova T., Sulerzhitsky L. The Holocene vegetation history of Khibiny Mountains: implication for the post glacial expansion of spruce and alder on the Kola Peninsula, Northwestern Russia // J. Quat. Sci. 1999. Vol. 14. P. 29–43.
- Lenz M., Savelieva L., Frolova L., Cherezova A., Moros M., Baumer M.M., Gromig R., Kostromina N., Nigmatullin N., Kolka V., Wagner B., Fedorov G., Melles M. Lateglacial and Holocene environmental history of the central Kola region, northwestern Russia revealed by a sediment succession from Lake Imandra // Boreas. 2021. Vol. 50. P. 76–100. <https://doi.org/10.1111/bor.12465>
- MacDonald G.M., Gervais B.R., Snyder J.A., Tarasov G.A., Borisova O.K. Radiocarbon dated Pinus sylvestris L. wood from beyond tree-line on the Kola Peninsula, Russia // The Holocene. 2000. Vol. 10. P. 143–147.
- Mangerud J., Andersen S.T., Berglund B.E., Donner J.J. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification // Boreas. 1974. Vol. 3. P. 109–128.
- Reimer P.J., Austin W.E., Bard E. et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62. № 4. P. 104–119. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Seppä H., MacDonald G.M., Birks J.B., Gervais B.R., Snyder J.A. Late-Quaternary summer temperature changes in the northern-European tree-line region // Quat.

- Res. 2008. Vol. 69. Iss. 3. P. 404–412.
<https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.02.002>
- Solovieva N., Tarasov P.E., MacDonald G. Quantitative reconstruction of Holocene climate from the Chuna Lake pollen record, Kola Peninsula, northwest Russia // *The Holocene*. 2005. Vol. 15. P. 141–148.
<https://doi.org/10.1191/0959683605hl793rr>
- Snyder J.A., Macdonald G.M., Forman S.L., Tarasov G.A., Mode W.N. Postglacial climate and vegetation history, north-central Kola Peninsula, Russia: pollen and diatom records from Lake Yarnyshnoe-3 // *Boreas*. 2000. Vol. 29. P. 261–271.
- Stroeve A.P., Hättestrand C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B.W., Harbor J.M., Jansen J.D., Olsen L., Caffee M.W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G.C., Strömberg B., Jansson K.N. Deglaciation of Fennoscandia // *Quat. Sci. Rev.* 2016. Vol. 147. P. 91–121.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.016>
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quat. Sci. Rev.* 2004. Vol. 23. P. 1229–1272.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.008>

Stages of the Vegetation Changes in the Interfluvium of Varzuga and Strelna Rivers and Depression of the Lake Sergozero during Holocene (According to Pollen Data)

A. A. Potapovich¹, E. S. Nosevich², *, and E. M. Bobrovnikova³

¹JSC North-West PGD, St. Petersburg, Russia

²Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russia

³Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia

*e-mail: katenosevich@mail.ru

We studied three cores of peat bogs in the interfluvium of the Varzuga and Strelna rivers and the depression of Sergozero Lake with palynological method. Thus allows us an assessment of characteristics of the main stages of vegetation development during the Holocene and Post Glacial time. An assumption has been made about the Preboreal age of the limnoalluvial strata in the interfluvium of Varzuga and Strelna, which covers on the sediments of the Last Glacial till. Two radiocarbon dates were obtained, the beginning of peat accumulation in the studied area is dated. The bottom part of peat exposed in slope of the Sergozero Lake terrace dated to 11645–11589 cal. BP. At the same time, pine forests developed in the surrounding area. Peat accumulation reached its maximum development in the Atlantic period. At that time, spruce-pine communities with boreal flora elements dominated the territory. In the pollen spectra correlated to Subboreal time, the thermophilic flora disappears. For the correct interpretation of the results of palynological analysis, subrecent surface samples were taken. Their spectra show a high degree of correlation with each other, reflecting the existence of modern pine communities in the studied area.

Keywords: Kola Peninsula, Holocene, radiocarbon dating, peat bog, pollen analysis, paleogeography, vegetation

REFERENCES

- Avenarius I.G. Morphostructure of the White Sea Region. *Geomorfol.*, 2004, no. 3, pp. 48–56. (In Russ.).
- Agafonova E.A., Polyakova E.I., Romanenko F.A. Diatoms in the Holocene deposits of Tersky coast of the White Sea in connection with the history of its development in the post-glacial period. *Arktika i Antarktika*, 2020, no. 2, pp. 1–16. (In Russ.).
<https://doi.org/10.7256/2453-8922.2020.2.32632>
- Apukhtin N.I. New data on the stratigraphy of the Quaternary deposits of the southeastern part of the Kola Peninsula. In *Chetvertichnaya geologiya i geomorfologiya* [Quaternary Geology and Geomorphology]. Proc. of VSEGEI, vol. 297. Leningrad: Gosgeoltekhizdat Publ., 1978, pp. 53–65. (In Russ.).
- Apukhtin N.I., Klyunin S.F., Tkachenko L.I. Paleogeography of the eastern part of the Kola Peninsula in the Upper Pleistocene (based on materials from 1972–1974). In *Stratigrafiya i paleogeografiya chetvertichnogo perioda Severa evropeiskoi chasti SSSR* [Stratigraphy and Paleogeography of the Quaternary Period in the North of the European Part of the USSR]. Petrozavodsk: Karel. Filial Akad. Nauk SSSR, 1977, pp. 16–21. (In Russ.).
- Boettger T., Hiller A., Kremenetski K. Mid-Holocene warming in the northwest Kola Peninsula, Russia: northern pine-limit movement and stable isotope evidence. *The Holocene*, 2003, vol. 13, no. 3, pp. 405–412.
<https://doi.org/10.1191/0959683603hl633rp>
- Evzerov V.Ya. *Geologiya chetvertichnykh otlozhenii Kol'skogo regiona* [Geology of Quaternary Deposits of the Kola Region]. Murmansk: MSTU, 2016. 210 p.
- Evzerov V.Ya., Kagan L.E., Koshechkin B.I. Formation of water deposits of the White Sea in connection with the evolution of the situation in the Holocene. *Izv. Vses. Geogr. O-va*, 1976, vol. 108, no. 5, pp. 421–429. (In Russ.).
- Elina E.A. Correlation of pollen spectra of the Holocene of the Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic, the Leningrad Region and Finland. In *Palinologiya golotsena: K III mezhdunar. konf. (Novosibirsk, SSSR, 1971)* [Palynology of the Holocene: To III Int. Conf.

- (Novosibirsk, USSR, 1971)]. Moscow: AN SSSR, 1971, pp. 837–846. (In Russ.).
- Elina G.A., Lukashov A.D., Yurkovskaya T.K. *Pozdnelednikovye i golotsen vostochnoi Fennoskandii (paleorastitel'nost' i paleogeografiya)* [Late Glacial and Eastern Holocene Fennoscandia (Paleovegetation and Paleogeography)]. Petrozavodsk: Karel. Nauchn. Tsentr RAN, 2000. 242 p.
- Gervais B.R., MacDonald G.M. Modern pollen and stomate deposition in lake surface sediments from across the treeline on the Kola Peninsula, Russia. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2001, vol. 114, nos. 3–4, pp. 223–237. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(00\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(00)00076-2)
- Govberg L.I. Distribution of shells in the Holocene sediments of the White Sea. *Okeanologiya*, 1970, vol. 10, no. 5, pp. 837–846. (In Russ.).
- Grichuk V.P. Method of processing sedimentary rocks poor in organic residues for the purposes of pollen analysis. *Probl. Fiz. Geogr.*, 1940, no. 8, pp. 55–58. (In Russ.).
- Hätterstrand C., Clark C.D. Reconstructing the pattern and style of deglaciation of Kola Peninsula, Northeastern Fennoscandian Ice Sheet. In *Glacier Science and Environmental Change*. Knight P.G., Ed. Blackwell Science Ltd., 2006, ch. 39. <https://doi.org/10.1002/9780470750636.ch39>
- Ilyashuk E.A., Ilyashuk B.P., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midge records (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia. *The Holocene*, 2005, vol. 15, no. 6, pp. 897–914. <https://doi.org/10.1191/0959683605hl865ra>
- Kalugina L.V., Rybalko A.E., Spiridonova E.A., Spiridonov M.A. Palynological study of bottom sediments of the Northern part of the White Sea as the basis of their stratigraphic division. *Vestn. LGU, Ser. Geol. Geogr.*, 1979, vol. 2, no. 12, pp. 63–71. (In Russ.).
- Klyunin S.F. *Otchet Sergozerskoi partii o rezul'tatakh gruppovoi geologicheskoi s"emki masshtaba 1 : 50000, provedennoi v 1974–1977 gg. v raione srednego techeniya reki Varzugi (Terskii raion Murmanskoi oblasti; Q-36-48,60; Q-37-37, 38, 49)* [Report of the Sergozersk Party on the Results of a 1: 50,000 Scale Group Geological Survey Conducted in 1974–1977 in the Area of the Middle Course of the Varzuga River (Tersky District of the Murmansk Region; Q-36-48.60; Q-37-37.38.49)]. FBU TFGI po SZFO, 1978, no. 23270.
- Korhola A., Weckstrom J. Paleolimnological studies in Arctic Fennoscandia and the Kola Peninsula (Russia). In *Long-term Environmental Change in Arctic and the Antarctic Lakes. Developments in Paleoenvironmental Research*, 2004, vol. 8, pp. 381–418. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2126-8_13
- Kolka V.V., Evzerov V.Ya., Muller Ya.Y., Korner G.D. Sea level movement in the Late Pleistocene – Holocene and stratigraphy of bottom sediments of isolated lakes on the southern shore of the Kola Peninsula, near the village of Umba. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2013, no. 1, pp. 73–88. (In Russ.).
- Koroleva N.E. Vegetation of the Murmansk region as a component of biodiversity. *Vestn. MGTU*, 2009, vol. 12, no. 1, pp. 153–166. (In Russ.).
- Korsakova O., Molodkov A., Yelovicheva Y., Kolka V. Middle Pleistocene marine deposits on the Kola Peninsula (NW Russia). *Quat. Int.*, 2019, vol. 509, pp. 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.09.019>
- Korsakova O.P., Semenova L.R., Kolka V.V. Middle and Upper Pleistocene sediments in the section of the Varzuga outcrop (south of the Kola Peninsula). *Reg. Geol. i Metallogeniya*, 2011, vol. 48, pp. 19–24. (In Russ.).
- Kremenetski C., Vashalova T., Sulerzhitsky L. The Holocene vegetation history of Khibiny Mountains: implication for the post glacial expansion of spruce and alder on the Kola Peninsula, Northwestern Russia. *J. Quat. Sci.*, 1999, vol. 14, pp. 29–43.
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa i spory rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR* [Pollen and Plant Spores of the Flora of the European Part of the USSR]. Leningrad: Nauka Publ., 1972. 171 p.
- Lenz M., Savelieva L., Frolova L., Cherezova A., Moros M., Baumer M.M., Gromig R., Kostromina N., Nigmatullin N., Kolka V., Wagner B., Fedorov G., Melles M. Lateglacial and Holocene environmental history of the central Kola region, northwestern Russia revealed by a sediment succession from Lake Imandra. *Boreas*, 2021, vol. 50, pp. 76–100. <https://doi.org/10.1111/bor.12465>
- MacDonald G.M., Gervais B.R., Snyder J.A., Tarasov G.A., Borisova O.K. Radiocarbon dated *Pinus sylvestris* L. wood from beyond tree-line on the Kola Peninsula, Russia. *The Holocene*, 2000, vol. 10, pp. 143–147.
- Malyasova E.S., Elchaninova E.M., Vishnevskaya E.M. Pollen and spores from the bottom sediments of lakes in the central part of the Kola Peninsula and some issues of paleogeography of the Holocene of this territory. In *Ozera razlichnykh landshaftov Kol'skogo poluostrova* [Lakes of Various Landscapes of the Kola Peninsula]. Leningrad: Nauka Publ., 1974, part 1, pp. 244–263. (In Russ.).
- Mangerud J., Andersen S.T., Berglund B.E., Donner J.J. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 1974, vol. 3, pp. 109–128.
- Nikonov A.A. Stratigraphy of the Pleistocene of the Kola Peninsula. *Sov. Geology*, 1966, no. 8, pp. 40–47. (In Russ.).
- Pokrovskaya O.A. *Vvedenie v sporovo-pyl'tsevoi analiz* [Introduction to Spore-Pollen Analysis]. Leningrad: Nauka Publ., 1950. 460 p.
- Romanenko F.A., Garankina E.V., Dzhevakhshvili P.S., Ioch M.E., Chuprakov N.R., Kononov Yu.M., Timireva S.N. Structure and dynamics of the relief of the Western part of the Tersky coast of the White Sea. *Rel'ef i Chetvertichnye Obrazovaniya Arktiki, Subarkтики i Severo-Zapada Rossii*, 2021, no. 8, pp. 199–204. (In Russ.).
- Reimer P.J. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 2020, vol. 62, no. 4, pp. 104–119. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Sapelko T.V., Kolka V.V., Evzerov V.Ya. Dynamics of the natural environment and the development of lakes in the late Pleistocene and Holocene on the southern coast of the Kola Peninsula (the area of the village of Umba). *Tr. Karel. Nauchn. Tsentra RAN*, 2015, no. 5,

- pp. 60–69.
<https://doi.org/10.17076/lim55>
- Sapelko T.V., Nosevich E.S., Kulkova M.A., Murashkin A.I., Kolpakov E.M. Paleoecological characteristics of the Barents sea coast during the late holocene by the example of Sredniy Peninsula. *Arctic and Antarctic Res.*, 2018, vol. 64, no. 4, pp. 391–406. (In Russ.)
<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-4-391-406>
- Seppä H., MacDonald G.M., Birks J.B., Gervais B.R., Snyder J.A. Late-Quaternary summer temperature changes in the northern-European tree-line region. *Quat. Res.*, 2008, vol. 69, no. 3, pp. 404–412.
<https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.02.002>
- Solovieva N., Tarasov P.E., MacDonald G. Quantitative reconstruction of Holocene climate from the Chuna Lake pollen record, Kola Peninsula, northwest Russia. *The Holocene*, 2005, vol. 15, pp. 141–148.
- Snyder J.A., Macdonald G.M., Forman S.L., Tarasov G.A., Mode W.N. Postglacial climate and vegetation history, north-central Kola Peninsula, Russia: pollen and diatom records from Lake Yarnyshnoe-3. *Boreas*, 2000, vol. 29, pp. 261–271.
- Stroeven A.P., Hättestrand C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B. W., Harbor J.M., Jansen J.D., Olsen L., Caffee M.W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G.C., Strömberg B., Jansson K.N. Deglaciation of Fennoscandia. *Quat. Sci. Rev.*, 2016, vol. 147, pp. 91–121.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quat. Sci. Rev.*, 2004, vol. 23, pp. 1229–1271.
- Tolstobrov D.S., Kolka V.V. New schemes of isobase uplift of the northeast of Fennoscandia over the last 10 thousand years. *Vestn. Inst. Geol. Komi NTs Ural. Otd. Akad. Nauk*, 2019, no. 11 (299), pp. 3–8. (In Russ.).
- Zaretskaya N.E., Repkina T.Yu. New data on the history of the Tersky Coast of the White Sea in the Holocene (Varzuga River). In *Geologiya morei i okeanov: Materialy XXI Mezhdunar. nauchn. konf. (Shkoly) po morskoi geologii* [Geology of Seas and Oceans. Proc. XXI Int. Sci. Conf. (School) on Marine Geology]. Moscow: GEOS Moskva, 2015, vol. 3, pp. 185–189. (In Russ.).