УДК 551.89

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ И ХРОНОЛОГИИ ПОСЛЕДНЕГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ НА ЗИМНЕМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ

© 2023 г. Н. Е. Зарецкая^{1,2,*}, Е. Е. Талденкова³, Я. С. Овсепян², М. В. Ручкин^{4,5}, Д. В. Баранов¹, О. В. Руденко⁶, А. Ю. Степанова⁷

Представлено академиком РАН М.А. Федонкиным 18.06.2023 г. Поступило 19.06.2023 г. После доработки 20.06.2023 г. Принято к публикации 20.06.2023 г.

На основе полевых литостратиграфических исследований, микрофаунистического и палинологического анализа, а также датирования методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ-датирования) отложений, вскрытых в нижних частях четвертичных разрезов Зимнего берега Белого моря впервые установлено, что они накапливались во время бореальной трансгрессии в начале последнего межледниковья в морских и прибрежно-морских условиях и формируют микулинский горизонт верхнего неоплейстоцена. Это подтверждается литологией, видовым составом фораминифер, остракод и водных палиноморф, а также ОСЛ-датами в интервале 118–104 тыс. лет назад. Состав бентосных микрофоссилий указывает на то, что в начале бореальной трансгрессии вдоль всего Зимнего берега существовал прибрежный морской бассейн с ледовым покровом и глубинами более 50 м, характеризовавшийся высокими скоростями осадконакопления и стратификацией за счет притока талых/речных вод. На стадии регрессии на Зимнем берегу доминировали прибрежно-морские обстановки осадконакопления.

Ключевые слова: поздний неоплейстоцен, бореальная трансгрессия, Беломорско-Кулойское плато, литостратиграфия, микропалеонтология, хронология **DOI:** 10.31857/S2686739723601308, **EDN:** DWFTVY

введение

Зимний берег Белого моря занимает восточный фланг Двинского залива и юго-восточный берег пролива Горло, или западное и северо-западное побережье Беломорско-Кулойского плато (рис. 1), расположенного на севере Восточно-Ев-

- ⁴ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
- Санкт-Петербург, Россия

ропейской равнины (ВЕР). Несмотря на относительную доступность и хорошую обнаженность побережья, до недавнего времени о его поздненеоплейстоценовой истории почти не было данных, за исключением геолого-съемочных отчетов и последовавших публикаций [1, 2].

Поздний неоплейстоцен на ВЕР начался с микулинского межледниковья, которое коррелируется с морской изотопной стадией (МИС) 5е [3]. Северное и северо-западное побережье ВЕР было в значительной степени затоплено гляциоэвстатической бореальной трансгрессией [4, 5]. Отложения бореальной трансгрессии хорошо идентифицированы в разрезах нижнего течения р. Сев. Двины [5], а для районов, расположенных севернее и северо-восточнее, данных практически не было. Исключение составили серия скважин в Горле Белого моря [2] и на Беломорско-Кулойском плато [1] (рис. 1). По полученным тогда данным. уровень подошвы отложений бореальной трансгрессии был установлен в больших пределах от -68 м до +168 м относительно современного уровня моря, при максимальной мощности осадков 65 м, что может объясняться тектоническими

¹Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

²Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁶Орловский государственный университет

им. И.С. Тургенева, Орел, Россия

⁷Палеонтологический институт

Российской академии наук, Москва, Россия

^{*}E-mail: n zaretskaya@inbox.ru



Рис. 1. Район работ с разрезами и границей бореальной трансгрессии (синяя линия, по [17]). Фактический материал: ⊗ – скважины ([1, 2]): 1 – скв. 209; 2 – скв. 2. ● – разрезы; изученные авторами (см. рис. 2): 3 – Ущеменский; 4 – Конецгорье; 5 – Ершиха; 6 – Майда; 7 – Толстый Нос; изученные ранее (в том числе авторами): 8 – Бычье-2; 9 – Затон.

факторами [2]. На дне пролива Горло по геофизическим данным были выделены слои между коренными породами и подошвой ледниковых отложений последнего оледенения; заверочное бурение показало, что отложения представлены слабоглинистыми мелкозернистыми песками, по которым были получены термолюминесцентные даты в интервале 161-111 тысяч лет назад (т.л.н.), а также плотными глинами с характерным комплексом фораминифер [6]. В скважинах на Беломорско-Кулойском плато отложения бореальной трансгрессии, перекрывающие средненеоплейстоценовую морену, были выделены по микрофаунистическим данным; видовой состав фораминифер в слоях преимущественно глинистого состава позволил предположить существование открытого палеобассейна с нормальной соленостью при положительных температурах воды [1]. Геохронометрические и спорово-пыльцевые данные были получены для разреза Затон в низовьях р. Мезень: для слоев с преобладанием пыльцы дуба и лещины были получены ЭПР-даты в диапазоне 120-105 т.л.н. [7].

Такие немногочисленные свидетельства, а также отсутствие геохронометрических и микропалеонтологических данных по многочисленным береговым разрезам Зимнего берега, мотивировали наши исследования, направленные на поиск и изучение отложений бореальной трансгрессии в этом регионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наши собственные данные были собраны в результате проведения полевых исследований 2020–22 гг. по Зимнему берегу Белого моря и последующей обработки полученных материалов (рис. 1). Полевые исследования включали в себя литостратиграфические описания разрезов, привязку литологических границ к шкале абсолютных высот и отбор образцов на датирование методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ), а также на микрофаунистический и палинологический анализы.

Образцы для ОСЛ-датирования были отобраны в светонепроницаемые пластиковые трубы.

ОСЛ-датирование семи образцов (табл. 1) выполнено в лаборатории ОСЛ ФГБУ "ВСЕГЕИ" (Санкт-Петербург). Активности радионуклидов определялись на сверхнизкофоновом гаммаспектрометре с детектором на основе особо чистого германия Canberra BE3825 после герметизации образцов воском и выдержки в течение 20 дней. Для выделения зерен кварца фракции 180-250 мкм применялась стандартная пробоподготовка [8, 9]. Эквивалентные дозы в пробах измерены на ТЛ/ОСЛ-ридере Risø DA-20 C/D с применением SAR-протокола [10]. Мощности дозы рассчитаны по стандартной методике [8]. Предполагалось, что средняя влажность за период захоронения составляла 95% от величины водонасыщения. ОСЛ-даты (табл. 1) рассчитаны как отношения эквивалентных доз к соответствующим мощностям дозы. Надежность полученных датировок по навескам зерен кварца подтверждается преобладанием в ОСЛ кварца быстрой компоненты, термальной стабильностью ОСЛ в диапазоне температур преднагрева 160-280° и удовлетворительными результатами тестов восстановления дозы.

Для литологического и микрофаунистического анализов были отобраны образцы в интервалах, показанных на рис. 2 в виде зеленых столбцов. Осадок промывался на сите с диаметром ячеи 63 мкм. В результате было определено весовое процентное солержание песчаной и более крупных фракций (вес. % >63 мкм). Во фракции >500 мкм под бинокуляром проводился подсчет терригенных обломков, отдельно кварца и остальных пород и минералов, их общее количество выражено относительно веса сухого непромытого осадка. Во фракции >125 мкм под бинокуляром исследованы видовой состав и определена численность ископаемых фораминифер и остракод. Численность микрофоссилий определялась относительно веса сухого непромытого осадка. Подготовка проб на палинологический анализ проведена по стандартной методике [11] с последующим ацетолизом. На настоящий момент изучение микрофауны, состава пыльцы, спор и водных палиноморф проведено пилотно, по нескольким образцам из каждого разреза.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На Зимнем берегу Белого моря отложения бореальной трансгрессии были идентифицированы нами в нижних частях разрезов квартера – трех со стороны Двинского залива (Ущеменский, Конецгорье и Ершиха) и двух со стороны Горла Белого моря (Майда и Толстый Нос) (рис. 1). Строение отложений во всех разрезах единообразно, поэтому мы представляем его в виде сводного описания.

| гаты ОСЛ-датирования образцов четвертичных отложений по зернам кварца песчаной фракции (180–250 мкм) с использованием ния эквивалентной дозы SAR. <i>n</i> – количество навесок, по которым рассчитана эквивалентная доза (п – принятые, и – исключенные) ерений соответствуют доверительному интервалу 10 | ОСЛ- возраст, тыс. лет | | 104 ± 9 | 138 ± 19 | 83 ± 8 | 174 ± 12 | 118 ± 15 | 105 ± 9 | 116±11 |
|--|----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|
| | Эквива- лентная доза, Гр | | 126 ± 9 | 185 ± 23 | 126 ± 10 | 230 ± 11 | 173 ± 20 | 169 ± 12 | 169 土 13 |
| | Мощность дозы, Гр/тыс. лет | | 1.21 ± 0.06 | 1.34 ± 0.07 | 1.52 ± 0.07 | 1.33 ± 0.06 | 1.47 ± 0.07 | 1.61 ± 0.07 | 1.46 ± 0.07 |
| | Удельная активность, Бк/кг | $^{40}\mathrm{K}$ | 398 ± 19 | 448 ± 21 | 502 ± 23 | 412 ± 19 | 491 ± 23 | 483 ± 23 | 461 ± 22 |
| | | ²³² Th | 5.3 ± 0.2 | 6.0 ± 0.2 | 9.3 ± 0.2 | 8.5 ± 0.2 | 9.7 ± 0.2 | 11.7 ± 0.2 | 9.2 ± 0.2 |
| | | ²²⁶ Ra | 5.5 ± 0.2 | 5.7 ± 0.2 | 9.6 ± 0.2 | 8.1 ± 0.2 | 8.4 ± 0.2 | 13.5 ± 0.3 | 9.5 ± 0.2 |
| | | ²³⁸ U | 4.8 ± 1.0 | 5.5 ± 1.1 | 10 ± 2 | 9 ± 2 | 8 ± 2 | 14 ± 2 | 9 ± 2 |
| | (и/ш) u | | 11/2 | 12/0 | 8/10 | 6/12 | 17/1 | 18/0 | 18/0 |
| | Влаж- ность, % | | 22 ± 5 | 20 ± 5 | 27 ± 5 | 22 ± 5 | 24 ± 5 | 25 ± 5 | 23 ± 5 |
| | Глубина, м | | 9.3 | 14.4 | 18.9 | 19.2 | 28.4 | 14.3 | 25.0 |
| | Лаб. Nº | | RGI-738 | RGI-737 | RGI-581 | RGI-582 | RGI-580 | RGI-852 | RGI-855 |
| | Paspes | | Ущеменский | Ущеменский | Конецгорье | Конецгорье | Ершиха | Майда | Толстый Нос |
| ица 1. Резулы окола измере оешности изм | Полевой N [©] | | 873/10894 | 873/1089-1 | 1091-12 | 1091-13 | 1192–18 | 1253—4 | 1254–1 |
| Табл прот Пог <u></u> | 2 | | - | 7 | б | 4 | 5 | 9 | 7 |



Рис. 2. Разрезы Зимнего берега Белого моря, изученные авторами, местоположение см. рис. 1. Литология: *1* – алевритистая глина; *2* – переслаивание тонкозернистого песка и алеврита; *3* – песок; *4* – валунно-галечник; *5* – гравийно-галечная отмостка; *6* – переслаивание обломочного материала и песка/алеврита; *7* – диамиктон (отложения ледникового парагенетического ряда); *8* – обломочный материал (преимущественно окатанный); *9* – раковины, раковиный детрит. Возраст: *10* – отложения бореальной трансгрессии; *11* – более молодые отложения. *12* – места отбора образцов на микропалеонтологические анализы; *13* – места отбора образцов на ОСЛ-датирование; *14* – ОСЛ-даты.

В подошвах разрезов вскрываются алевритистые темно-серые глины, иногда с включениями обломочного материала размерностью от гравия до мелких валунов разной степени окатанности (разрезы Конецгорье и Толстый Нос), раковинами двустворчатых моллюсков в кровле (семейство Mytilidae) (разрез Ущеменский) и ракушечным детритом в толше слоя (разрезы Майда. Толстый Нос и Конецгорье). Подошва глин находится ниже уровня моря, мощность варьирует от 3 до 15 м. В кровле слоя может лежать гравийно-галечная отмостка, по которой идет вода (Майда), сама кровля может быть наклонная или горизонтальная. Если отмостка отсутствует, то на глинах без размыва залегают песчаные (разрезы Ущеменский и Конецгорье) или ритмично-слоистые песчано-алевритовые отложения (разрезы Ершиха, Майда и Толстый Нос). Песчаная толща мощностью от 2 до 7 м, как правило, состоит из нескольких пачек: крупно-грубозернистый косослоистый песок с гравием, галькой и обломками раковин, мелкотонкозернистый песок с горизонтальной или скрытой слоистостью, или со слоистостью типа "знаки ряби" и "хребет селедки". Ритмично-слоистая толща представлена тонко переслаивающимися тонкозернистым песком и глинистым алевритом (толщина пар от 1–2 мм до 10 см); присутствуют более мощные (до 40 см) прослои песка со знаками ряби и обломками раковин. Из отложений, перекрывающих глины, был получен массив ОСЛ-дат, располагающихся в интервале 174– 83 т.л.н. (рис. 2, табл. 1); основной массив сосредоточен в интервале 118–104 т.л.н. В кровле изученных разрезов – отложения ледникового парагенетического ряда, относящиеся к последнему оледенению или стадиям его деградации (рис. 2).

Литологический анализ образцов морских преимущественно глинистых осадков исследованных разрезов показал, что они сильно опесчанены, и вес. % > 63 мкм составляет в среднем 30% в разрезах Ущеменский, Майда и Толстый Нос, тогда как в разрезах Конецгорье и Ершиха этот показатель более изменчив, но в целом составляет около 40%. Содержание крупнозернистых терригенных обломков высокое в осадках разреза Конецгорье (100–120 экз/г), в Ущеменском оно падает до 40–80 экз/г, в Майде не превышает 30 экз/г, а остальных двух разрезах обломки практически отсутствуют (только в верхней части разреза Толстый Нос их количество повышается до 20 экз/г). Кварц составляет 50–60% от всех обломков, и только в разрезе Ущеменский его содержание достигает 70–80%.

Основную часть микрофоссилий в осадках всех исследованных разрезов составляют бентосные фораминиферы (БФ); единичные раковины остракод видов Normanicythere leioderma, Rabilimis mirabilis. Krithe glacialis и Sarsicvtheridea punctillata найдены только в верхней части разреза Ущеменский, а единичные планктонные фораминиферы вида *Turborotalita quinqueloba* – в осадках разреза Майда. Общая численность БФ низкая: в разрезах Конецгорье, Майда и Толстый Нос она составляет в среднем 30-40 экз/100 г, в разрезе Ершиха доходит до 100-145 экз/100 г, а в наиболее богатом БФ разрезе Ущеменский она достигает своего максимума в его верхней части (409 экз/100 г). Видовое разнообразие меняется соответственно численности, от менее 10 видов на образец в разрезах Конецгорье, Майда и Толстый Нос, до 8-14 видов в разрезе Ершиха, и до 15-18 видов в разрезе Ущеменский. Только в верхней части разреза Ущеменский численность раковин БФ на образец превышает 100 экземпляров, что позволяет посчитать процентное соотношение видов и экологических групп арктических шельфовых морей (согласно [12]). Среди БФ преобладает оппортунистический арктический вид *Elphidium clavatum* (30-33%), примерно столько же составляет доля как нормально морских видов внешнего шельфа Astrononion gallowayi, Cibicides lobatulus, Islandiella norcrossi/helenae, Melonis barleeanus (25–30%), так и видов опресненного мелководного шельфа Висcella frigida, Elphidium incertum, E. bartletti, Elphidiella groenlandica, Haynesina orbiculare, Polymorphina spp. (21-26%). Низкая выборка не позволяет производить достоверного определения процентного содержания видов в остальных исследованных образцах, но в целом, видовой состав и соотношение экологических групп похожи на отмеченные для верхней части разреза Ущеменский, что предполагает сходство условий палеобассейна, существовавшего на месте исследованных разрезов.

Пыльца и водные палиноморфы на настоящий момент изучены в верхней части разреза Ущеменский. В гетерохронных спектрах, выделенных из осадков разреза Ущеменский, доминируют переотложенные пыльца и споры (более 65%), очень разнообразные по составу (обычно более 30-40 таксонов в образце). Численно доминирует пыльца хвойных мезозойского возраста, много пермских Vittatina и Striatohaploxvpinus. Единично на всех глубинах зарегистрирована раннекайнозойская пыльца формальных родов Trudopollis, Aquilapollenites, Triprojectus. Пыльца Pinus sylvestris и Betula nana-type составляют основу позднеплейстоценовой части спектров. В группе травянистых растений доминируют Artemisia и Poaceae, много Chenopodiaceae. Немногочисленные водные палиноморфы представлены, в основном, колониями пресноводных зеленых водорослей Pediastrum kawraiskii и P. boryanum. Цисты морских видов динофлагеллат единичны (Operculodinium centrocarpum, Echinidinium karaense, Spiniferites spp., Nematosphaeropsis labyrinthus).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что отложения, которые мы можем соотнести с бореальной трансгрессией в изученных разрезах, накапливались в морских и прибрежноморских обстановках. По-видимому, алевритистые глины, вскрывающиеся в нижних частях изученных разрезов, соответствуют ранней стадии бореальной трансгрессии, которая в Белом море отличалась резким подъемом уровня воды в условиях холодного послеледникового климата (аналог мариногляциальной фазы мгинского моря, выделенной Е.А. Черемисиновой [13]). Это подтверждается их литологическим составом присутствием крупных обломков и значительной опесчаненностью, что, по-видимому, произошло за счет размыва отложений последнего средненеоплейстоценового оледенения, а также большой долей переотложенной пыльцы, что свидетельствует о динамичной обстановке осадконакопления. Накопление перекрывающей глины песчаной толщи происходило, по-видимому, уже на стадии регрессии, когда при переходе "через береговую линию" часть осадков глубоководной фации была размыта, и в прибрежной обстановке (подводный береговой склон, пляж) накапливались пески.

Состав бентосной микрофауны в изученных глинистых отложениях ранней стадии затопления, и, прежде всего, наличие видов, характерных для относительно глубоководных районов внешнего шельфа арктических морей, как среди Б Φ , так и среди остракод, свидетельствует о том, что в начале трансгрессии вдоль всего Зимнего берега существовали приглубые зоны арктического бассейна с глубинами 50 и более метров. Находка единичных раковин планктонных фораминифер Turborotalita quinqueloba на открытом побережье в разрезе Майда, а также цист автотрофных динофлагеллат в разрезе Ущеменский, возможно, свидетельствует о проникновении подповерхностных атлантических вод. В то же время значительное участие Б Φ , характерных для опресненных районов внутреннего шельфа арктических морей. и оппортунистического вида *Elphidium clavatum*, а также доминирование пресноводных зеленых водорослей в группе водных палиноморф позволяют предположить, что эти приглубые зоны арктического бассейна были расположены недалеко от берега, характеризовались достаточно высокими скоростями осадконакопления и значительной

стратифицикацией за счет притока талых/речных вод. Похожие палеоусловия были реконструированы нами для отложений в детально изученном разрезе Бычье-2 на р. Пезе (8 на рис. 1), где они соответствуют экозонам 1-3 [14]. Следует, впрочем, отметить, что общая численность БФ в разрезе Бычье-2 в 100 и более раз выше, чем в осадках разрезов Зимнего берега, а видовое разнообразие выше в 1.5-2 раза. Возраст экозон 1-3 разреза Бычье-2 был определен на основе метода палиностратиграфии [14, 15] и составил от >131 т.л.н. до 130.25 т.л.н., т.е., эти бассейны существовали короткое время в течение примерно двух тысяч лет сразу после резкого затопления территории водами трансгрессирующего моря после снятия ледниковой нагрузки и до начала регрессии. Последняя, согласно данным по разрезу Бычье-2, началась в регионе рано, около 130 т.л.н., что свидетельствует об опережающем гляциоизостатическом поднятии территории по отношению к глобальному эвстатическому подъему уровня моря, который достиг своего максимального подъема около 128 ± 1 т.л.н. [16]. О том, что бореальные алевритистые глины Зимнего берега накапливались в начале трансгрессии, свидетельствуют первые полученные нами данные по составу пыльцы и спор из верхней части бореальных осадков разреза Ущеменский, в котором нет пыльцы широколиственных пород, а доминируют сосна и карликовая березка в сочетании с полынями, злаками и маревыми, что позволяет предположить растительность перигляциального и переходного к межледниковому типов. О древности глинистых отложений разрезов Ущеменский и Конецгорье и их приуроченности к самым ранним стадиям бореальной трансгрессии свидетельствуют ОСЛ-даты, полученные из песков непосредственно над их кровлей (табл. 1).

Песчаная толща, перекрывающая алевритистые глины, накапливалась уже на стадии регрессии бореального моря, о чем свидетельствуют литологический состав отложений (гравий и песок), характерная для прибрежно-морских отложений слоистость (косая, горизонтальная, знаки ряби и "хребет селедки") и полученные по ним ОСЛ-даты, основной массив которых укладывается в интервал времени от 118 до 104 т.л.н. На данном этапе исследований мы не можем утверждать, было ли бореальное море приливным, но в пользу этого свидетельствует слоистость типа "хребет селедки", характерная для приливных песчаных осушек, и конфигурация береговых линий [17]. В разрезе Бычье-2 к регрессивной толще опесчаненных алевритов и песков приурочены экозоны 4-5, накапливавшиеся в течение более 10 тыс. лет, от 130.25 до 119.5 т.л.н. [14] в условиях наиболее влажного и теплого межледникового климата [15]. Развитие прогреваемых летом мелководий способствовало расселению тепловодных видов бентосной микрофауны, среди которых были остракоды, характерные для Балтийского моря и не встречающиеся в настоящее время в арктических морях.

выводы

Первые результаты проведенных комплексных исследований показали, что в береговых обрывах Зимнего берега Белого моря присутствуют отложения бореальной трансгрессии, ранее там не идентифицированные. Таким образом, можно утверждать, что в исследованном районе микулинский горизонт верхнего неоплейстоцена представлен двучленной толщей морских отложений: алевритистыми глинами с окатанным обломочным материалом, макро- и микрофоссилиями, накапливавшимися в начале бореальной трансгрессии на стадии быстрого затопления, и перекрывающими их песками, накапливавшимися во время регрессивной стадии в прибрежноморских обстановках. Предварительная оценка возраста песчаной толщи, согласно полученным ОСЛ датировкам, составляет 118-104 т.л.н.

Состав ископаемой бентосной микрофауны и водных палиноморф из нижней толщи показал, что в начале бореальной трансгрессии вдоль всего Зимнего берега существовали арктические ледовитые бассейны с глубинами более 50 м, расположенные сравнительно недалеко от берега и характеризовавшиеся достаточно высокими скоростями осадконакопления. Водная толща была значительно стратифицирована за счет притока талых/речных вод. Находки в осадках единичных планктонных фораминифер *Turborotalita quinqueloba* и автотрофных цист динофлагеллат (*Operculodinium centrocarpum*, в первую очередь) можно принять за свидетельство проникновения подповерхностных атлантических вод.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены при поддержке РНФ (проект № 22-27-00324).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Брынов О.П., Мияскин С.В., Станковский А.Ф. Комплексы фораминифер верхнего неоплейстоцена Зимнего берега Белого моря // Бюлл. Комис. по изуч. четвертич. периода. 1981. № 51. С. 139–142.
- Соболев В.М. Состав, стратиграфия четвертичных отложений Горла Белого моря и основные черты его палеогеографии // Региональные палеогеографические реконструкции. М.: Изд-во МГУ. 2008. С. 144–156.
- Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний неоплейстоцен – голоцен: Атлас-монография / Отв. ред. А.А. Величко. М.: ГЕОС. 2009. 120 с.

- Лаврова М.А. О географических пределах распространения бореального моря и его физико-географическом режиме // Проблемы палеогеографии четвертичного периода. Труды института географии. Вып. 37. 1946. С. 64–79.
- Девятова Э.И. Природная среда позднего неоплейстоцена и ее влияние на расселение человека в Северодвинском бассейне и Карелии. Петрозаводск: Карелия. 1982. 156 с.
- 6. Зарецкая Н.Е., Баранов Д.В., Ручкин М.В., Луговой Н.Н. Побережье Белого моря в пределах Русской плиты в позднем неоплейстоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 6. С. 898–913.

https://doi.org/10.31857/S2587556622060164

 Molodkov A.N. The Late Pleistocene palaeoenvironmental evolution in Northern Eurasia through the prism of the mollusc shell-based ESR dating evidence // Quat. Int. 2020. V. 556. P. 180–197.

https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.031

- 8. *Durcan J.A., King G.E., Duller G.A.T.* DRAC: Dose Rate and Age Calculator for trapped charge dating // Quat. Geochronology. 2015. V. 28. P. 54–61. https://doi.org/10.1016/j.quageo.2015.03.012
- Wintle A.G. Luminescence dating: laboratory procedures and protocols // Radiation Measurements. 1997. V. 27. № 5–6. P. 769–817. https://doi.org/10.1016/S1350-4487(97)00220-5
- Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: Potential for improvements in reliability // Radiation Measurements. 2003. V. 37. № 4–5. P. 377–381.

https://doi.org/10.1016/S1350-4487(03)00053-2

- Палеопалинология / под ред. Покровской И.М. Л.: Недра. 1966. Т. 1. С. 34–39.
- Polyak L., Korsun S., Febo L., Stanovoy V., Khusid T., Hald M., Paulsen B.E., Lubinski D.A. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a riverinfluenced arctic marine environment // J. of Foraminiferal Res. 2002. V. 32. № 3. P. 252–273. https://doi.org/10.2113/32.3.252
- 13. *Черемисинова Е.А.* Палеогеография мгинского моря (на основе данных диатомового анализа) // Докл. АН СССР. 1959. Т. 129. № 2. С. 416–419.
- 14. Талденкова Е.Е., Овсепян Я.С., Руденко О.В., Степанова А.Ю., Баух Х.А. Изменения природной среды в ходе развития бореальной трансгрессии на северовостоке Белого моря на примере детального изучения разреза Бычье-2 // Вестник Моск. Ун-та. сер. 5. География. 2023. Т. 78. № 4. С. 51–65. https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.5
- 15. Руденко О.В., Талденкова Е.Е., Баух Х.А., Овсепян Я.С. Новые данные к палиностратиграфии микулинских (эемских) отложений в низовьях реки Пеза (северо-восток Беломорского региона) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 2. С. 206-227. https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-206-227
- McCulloch M. T., Esat T. The coral record of last interglacial sea levels and sea surface temperatures // Chem. Geol. 2000. V. 169. P. 107-129. https://doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00260-6
- Grøsfjeld K., Funder S., Seidenkrantz M.-S., Glaister K. Last Interglacial marine environments in the White Sea region, northwestern Russia // Boreas. 2006. V. 35. № 3. P. 493–520. https://doi.org/10.1080/03009480600781917

FIRST DATA ON PALEOGEOGRAPHICAL SETTINGS AND CHRONOLOGY OF THE LAST INTERGLACIAL ON ZIMNII COAST OF THE WHITE SEA

N. E. Zaretskaya^{*a,b,#*}, E. E. Taldenkova^{*c*}, Ya. S. Ovsepyan^{*b*}, M. V. Ruchkin^{*d,e*}, D. V. Baranov^{*a*}, O. V. Rudenko^{*f*}, and A. Yu. Stepanova^{*g*}

^aInstitute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia ^bInstitute of Geology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia ^cLomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

^dKarpinski Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia

^eSaint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

^fOrel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

^gPaleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

[#]E-mail: n_zaretskaya@inbox.ru

Presented by Academician of the RAS M.A. Fedonkin June 18, 2023

Field lithostratigraphic studies, microfaunistic and palynological analyses, as well as optically stimulated luminescence (OSL) dating revealed for the first time that the lower part of Quaternary sediment sequences exposed along Zimnii Coast of the White Sea accumulated in marine and nearshore environments during the Boreal transgression at the beginning of the Last Interglacial and thus form the Upper Pleistocene Mikulinian Horizon. This is confirmed by lithology of sediment beds; species composition of foraminifers, ostracods and aquatic palynomorphs; and OSL dates in the range of 118-104 ka. The composition of benthic microfossils indicates that during the early Boreal transgression the entire Zimnii Coast was occupied by an coastal arctic ice-covered basin with water depths of >50 m, high sedimentation rates, and water stratification induced by melt/river water inflow. At the stage of regression, sedimentation in shallow marine environments was dominant along Zimnii Coast.

Keywords: Late Pleistocene, Boreal transgression, Kuloi Plateau, lithostratigraphy, micropaleontology, chronology