

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ GEOMORPHOLOGY AND EVOLUTIONARY GEOGRAPHY

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-206-227>
УДК 551.89



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ORIGINAL ARTICLE

Новые данные к палиностратиграфии микулинских (земских) отложений в низовьях реки Пёза (северо-восток Беломорского региона)

О.В. Руденко^{1*}, Е.Е. Талденкова², Х.А. Баух³, Я.С. Овсепян^{4,2}

¹ — Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орёл, Россия

² — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ — Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера, Бремерхафен, Германия

⁴ — Геологический институт РАН, Москва, Россия

*olrudenko2011@yandex.ru

Резюме

Палинологическим методом изучена толща морских осадков бореальной трансгрессии мощностью 455 см, залегающая на морене московского возраста в разрезе Бычье-2 на р. Пёзе (Архангельская область). Получены последовательные пыльцевые записи, позволившие провести палинозональное расчленение разреза и проследить изменение растительности на северо-востоке Беломорского региона в ходе развития бореальной трансгрессии. При сопоставлении выделенных палинозон с региональными подразделениями, установленными в опорных разрезах Бычье-1, расположенном в 5 км вверх по течению р. Пёзы, и Пески на Карельском перешейке, использованы методы корреляции и событийной палиностратиграфии. Установлено, что накопление морских отложений в разрезе Бычье-2 происходило с конца московского оледенения, во временном интервале между ~131 и ~119,5 тыс. л. н. В разрезе выделено 7 палинозон, свидетельствующих о последовательном изменении климатических условий и ответной реакции растительного покрова. Основная тенденция — быстрое вытеснение кустарничково-травянистых группировок арктического типа сосново-березовыми лесами в самом начале микулинского (земского) межледниковья и последующее увеличение доли участия в лесах темнохвойных элементов в связи с нарастанием влажности климата в ходе развития бореальной трансгрессии. Значительное потепление климата обусловило возможность участия в лесах термофильных лиственных растений (дуба, вяза, лещины и, возможно, даже граба). На этапе ухудшения климатических условий конца межледниковья в лесах региона установилось господство сосны и березы и исчезли все термо- и гигрофильные элементы.

Ключевые слова: бореальная трансгрессия, климатические изменения, палинозона, поздний плейстоцен, пыльца, споры, трансформация растительности.

Для цитирования: Руденко О.В., Талденкова Е.Е., Баух Х.А., Овсепян Я.С. Новые данные к палиностратиграфии микулинских (земских) отложений в низовьях реки Пёза (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>.

Поступила 09.12.2022

После переработки 06.03.2023

Принята 27.03.2023

New data on the palynostratigraphy of the Mikulinian (Eemian) deposits in the lower reaches of the Pyoza River (northeastern White Sea region)

Olga V. Rudenko^{1*}, Ekaterina E. Taldenkova², Henning A. Bauch³,
Yaroslav S. Ovsepyan^{4,2}

¹ — Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

² — Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³ — AWI, Bremerhaven, Germany

⁴ — Geological Institute RAS, Moscow, Russia

*olrudenko2011@yandex.ru

Summary

The palynological method was used to study a 455 cm thick marine sediment sequence, which overlies the Moscovian moraine in the Bychye-2 section on the Pyoza River (Arkhangel'sk region). The pollen records obtained allowed us to make a palynozonal subdivision of the section and to trace the plant cover transformations that occurred in the northeastern White Sea region during the Boreal transgression. When comparing the established local palynozones with the regional subdivisions of the reference sections Bychye-1, located 5 km upstream on the Pyoza River from the Bychye-2 site, and Peski on the Karelian Isthmus, we also employed the methods of correlation and event palynostratigraphy. It has been found that the marine sediments in the Bychye-2 section accumulated from the end of the Moscovian glaciation (~131 ka BP) until ~119,5 ka BP. The seven local palynozones established in the Bychye-2 section indicate a consistent change in climatic conditions and vegetational feedbacks. The main trend is the rapid displacement of Arctic-type shrub-herbaceous communities by pine-birch forests at the very beginning of the Mikulinian (Eemian) interglacial and the subsequent rise in the proportion of dark coniferous elements in the forests due to the growing humidity of the climate in the course of the transgression. A significant warming of the climate led to the emergence of thermophilic deciduous plants (oak, elm, hazel, and possibly even hornbeam) in the forests of the region. The predominance of pine-birch forests and the disappearance of all thermo- and hygrophilic elements of the vegetation followed the deterioration of climatic conditions during the final stage of the Mikulinian interglacial.

Keywords: boreal transgression, climatic changes, late Pleistocene, pollen, pollen zones, spores, transformation of vegetation.

For citation: Rudenko O.V., Taldenkova E.E., Bauch H.A., Ovsepyan Y.S. New data on the palynostratigraphy of the Mikulinian (Eemian) deposits in the lower reaches of the Pyoza River (northeastern White Sea region). *Arctic and Antarctic Research*. 2023, 69 (2): 206–227. [In Russian]. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-206-227>.

Received 09.12.2022

Revised 06.03.2023

Accepted 27.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы реконструкции климатически обусловленных изменений палеосреды во время предыдущих (дотехногенных) межледниковых эпох вызывают все больший интерес, в особенности ледниковая терминация II в конце морской изотопной стадии (МИС) 6 и межледниковье МИС 5е, соответствующее началу микулинского межледниковья в европейской части России (эемскому межледниковью в Западной Европе) [1]. Отложения этого возраста имеют хорошую сохранность в океанах и, местами, на суше и считаются эталоном для изучения особенностей динамики теплой климатической эпохи [2, 3]. Начало межледниковья датируется пиком

инсоляции в Северном полушарии примерно 131–127 тысяч лет назад (тыс. л. н.) [4]. В Северной Европе оно, вероятно, длилось не более 11–12 тыс. лет [5, 6], начавшись резким и значительным потеплением после ледниковой терминации II [7–9]. Этому потеплению частично соответствует послеледниковая бореальная (микулинская, эемская) трансгрессия, отложения которой широко распространены на европейском севере России [10–21], в Европе и Скандинавии [22–28]. На севере и северо-востоке Русской равнины морские отложения бореальной трансгрессии установлены вдоль долин всех крупных рек, впадающих в Северный Ледовитый океан между р. Онегой и Тиманским кряжем [10, 26, 28], и вскрыты более чем тридцатью разрезами. Отложения бореальной трансгрессии с богатым набором фауны моллюсков выявлены и датированы в разрезах Терского берега Белого моря на Кольском полуострове [15, 29]. В юго-восточной части Беломорья они обнаружены в скважинах в проливе Горло, а также в низовьях реки Северная Двина [21]. На территории Беломорско-Кулойского плато осадки, предположительно сопоставляемые со стадией МИС 5е, также известны [30], но обоснование их возраста только на основании изменений состава бентосных фораминифер весьма спорно, большей частью это широко распространенные виды, повсеместно встречающиеся на шельфах арктических морей.

Непосредственно вдоль р. Пёзы несколько разрезов (Бычье, Затон, Орловец и другие) изучены ранее палинологическим методом с низким разрешением [12, 14, 18], а их хронология обсуждалась с позиций корреляции с относительной пыльцевой хронологией, установленной для северной и средней Европы [6, 22, 31] и центра Русской равнины [32, 33], предполагая равномерное развитие растительности от побережья Северной Атлантики до Белого моря. При недостатке и противоречивости радиометрических данных пыльцевые зоны по-прежнему считаются хронологической основой подразделения микулинских (эемских) отложений Европы и России, будучи надежным инструментом региональных и дальних корреляций, поскольку пыльцевые диаграммы этого времени имеют характерные признаки, по которым их можно четко идентифицировать и отличить от более древних теплых стадий [6, 34–36], особенно на территориях распространения смешанных широколиственных лесов умеренного пояса [37]. Временные рамки межледниковья в Западной Европе были установлены для границы заале/эем — 131,0 тыс. л. н. и 119,5 тыс. л. н. для границы эем/вейхзелий в соответствии с [19, 28]. Эта же хронология была использована при изучении отложений бореальной трансгрессии в разрезах по р. Пёзе [18]. Однако до сих пор вопрос о временных рамках и продолжительности микулинского межледниковья остается остро дискуссионным, что вызывает необходимость проведения дальнейших исследований большего числа разрезов микулинских отложений, особенно на северо-востоке европейской части России, где они крайне немногочисленны. В этой связи в 2006 г. совместной российско-германской экспедицией было принято комплексное исследование отложений бореальной трансгрессии в разрезе Бычье-2 на правом берегу р. Пёзы, правого притока р. Мезени. Исследование ставило целью отбор проб с высоким разрешением для палинологического, литологического и микрофаунистического анализов и уточнение особенностей региональной динамики окружающей среды на этапе формирования толщи отложений бореальной трансгрессии на основе изучения комплексов микрофоссилий (спор, пыльцы, водных палиноморф, бентосных фораминифер, остракод). В основные задачи палинологической части исследования входили палиоистратиграфическое

расчленение осадочной толщи разреза Бычьё-2 и установление предполагаемых временных границ ее накопления на основе выявления вариаций доминантов палиноспектров и пыльцевых таксонов-индикаторов и последующей региональной корреляции выделенных палинозон. Полученные новые данные позволили уточнить региональные особенности трансформации растительного покрова территории, окружавшей морской бассейн, а также выявить основные отличия от известной схемы развития растительности европейской части России на этапе последнего межледникового [38].

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемый район низменной северо-западной части Европейской равнины расположен вблизи побережья Белого моря в речной системе Пёза–Мезень (рис. 1).

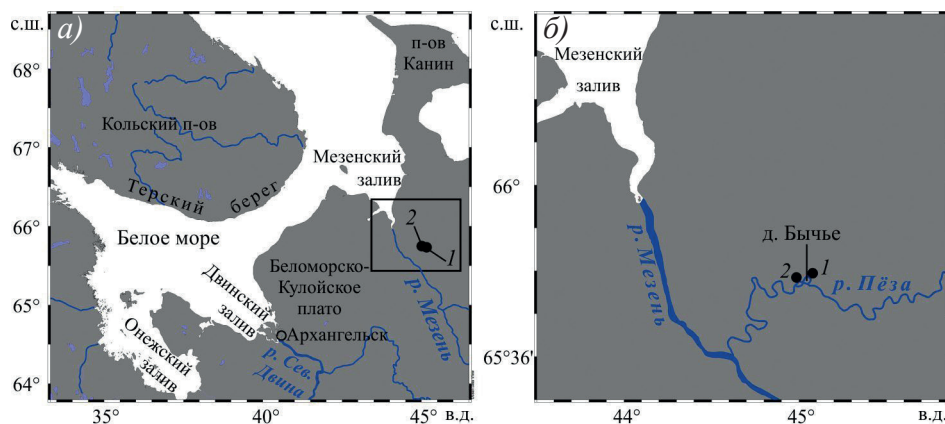


Рис. 1. Географическое положение исследованного разреза Бычьё-2 и ранее изученного разреза Бычьё-1 [12, 18]: а) — в регионе Белого моря, б) — в нижнем течении р. Пёзы около дер. Бычьё в пределах квадрата, выделенного на рис. а)

Fig. 1. Geographical position of the studied section Bychye-2 and the previously studied section Bychye-1 [12, 18]: а) — in the White Sea Region, б) — in the lower reaches of the Pjoza River near the Bychye village within the square highlighted in а)

Современную орографию территории определяют структурные впадины, образовавшиеся под влиянием межледниковых ингрессий вдоль внутреннего продолжения заливов Белого моря [12].

Климатические условия водосбора рек Пёза–Мезень умеренно-континентальные с ярко выраженной сезонностью. Средние температуры января и июля составляют -18°C и $+14^{\circ}\text{C}$ соответственно. Годовое количество осадков составляет 520 мм [39].

Современная региональная растительность на водосборах рек представлена бореальными хвойными (таежными) лесами с преобладанием сосны европейской (*Pinus sylvestris*), ели (*Picea abies* и *P. obovata*), березы (*Betula pubescens*, *B. pendula*) и осины (*Populus tremula*) [40, 41]. В подлеске и напочвенном покрове обычны ягодники (*Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*), карликовые кустарнички (*Oxycoccus* sp., *Betula nana*, *Salix* sp.) и зеленые мхи. Часть Беломорско-Кулойского плато к западу от исследуемого района занята моховыми и травяно-осоково-гип-

новыми сообществами с единичными зарослями кустарниковой ольхи (*Duschekia fruticosa* или *Alnaster fruticosus*), ивняка и березы [42–44].

МОРСКИЕ СУБФОССИЛЬНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ БЕЛОГО МОРЯ

С целью создания методологической базы палеогеографических реконструкций на основе данных по ископаемым палиноспектрам из морских отложений в разные годы изучены особенности распределения пыльцы в поверхностном слое осадков Белого моря [45–47]. Все они показали, что спорово-пыльцевые спектры представлены почти исключительно активно переносимой ветром и водой пыльцой хвойных растений (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*) и спорами Polypodiaceae (в сумме до 80–95 %). Единично встречена пыльца древесных берез и кустарниковой ольхи, пыльца злаков и сложноцветных. Наиболее высокая концентрация микрофоссилий характерна для прибрежных районов, прилегающих к Онежскому заливу и эстуарию р. Мезени, что свидетельствует о существенной роли речного стока в привносе пыльцы в Белое море.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследованный разрез Бычье-2 (65° 47' 20" с. ш., 45° 00' 30" в. д.) находится примерно в 5 км вниз по течению р. Пёзы от ранее изученного разреза Бычье-1, расположенного напротив одноименного села [12, 18] (рис. 1). Разрез морских отложений Бычье-2 мощностью 455 см, как и разрез Бычье-1, залегает непосредственно на красноцветных валунных суглинках, интерпретируемых в регионе как морена московского оледенения и вскрывающихся на урезе воды на абсолютных отметках около 12 м (рис. 2). Морские отложения перекрыты континентальными (предположительно аллювиальными или флювиогляциальными) песками, в которых, в отличие от нижележащих песков, не встречены морские макро- и микрофоссилии.

В интервале 455–300 см морские отложения представлены голубовато-серыми алевритистыми глинами, перекрытыми толщей песчанистых алевритов (интервал 300–135 см). Верхние 135 см разреза морских отложений сложены алевритовыми песками. Литологические изменения подтверждаются графиком вес. % фракции >63 мкм (см. рис. 2). Резкое укрупнение осадка на глубине около 135 см, вероятно, вызвано начавшейся регрессией.

Шаг пробоотбора для палинологических исследований по всей толще разреза составил 5–10 см. В морене образцы для исследований не отбирались по техническим причинам.

Для спорово-пыльцевого анализа пробы обработаны по стандартной сепарационной методике В.П. Гричука [48, с. 34–39]. Концентрация пыльцы и спор определена с помощью фиксированного числа окрашенных спор-маркеров *Lycopodium clavatum* [49]. Для таксономической идентификации микрофоссилий использованы ключи и атласы [50–52] и электронные базы фото пыльцы [53]. Спорово-пыльцевая диаграмма построена с помощью пакета программ Tilia/TiliaGraph/TGView [54, 55]. За 100 % принята сумма пыльцы деревьев и кустарников (Arboreal pollen, AP) и травянистых растений (Non-arboreal pollen, NAP), AP + NAP. Процентные доли водных, прибрежно-водных растений и спор рассчитаны от этой суммы. Процентная доля переотложенных дочетвертичных пыльцы и спор подсчитана от общей суммы микрофоссилий, встреченных в образце.

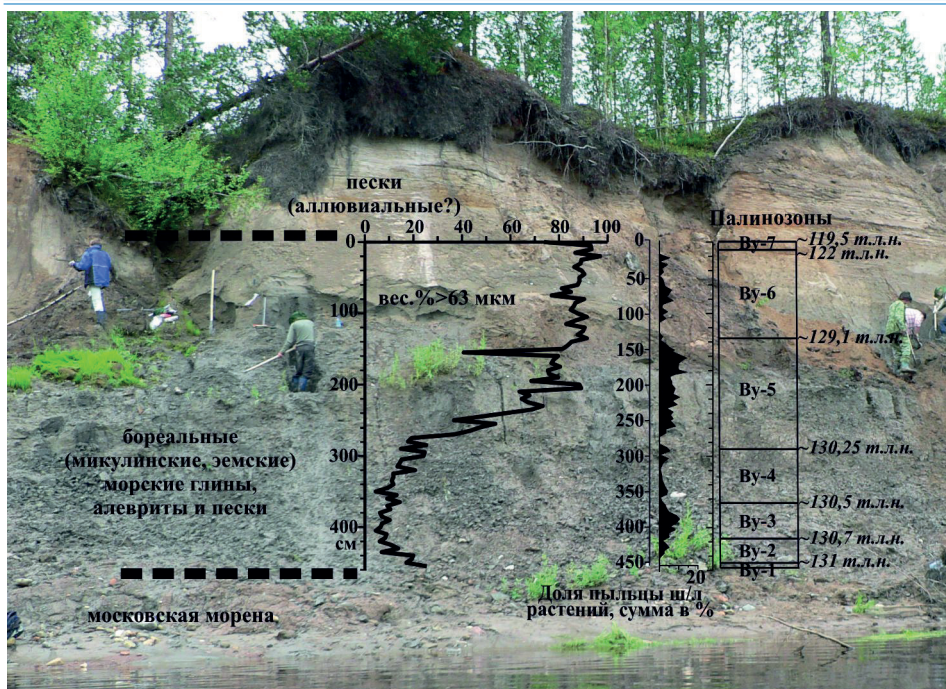


Рис. 2. Фотография участка обрыва правого берега р. Пёзы в месте расположения исследованного разреза Бычье-2.

Показаны: границы толщи бореальных морских осадков; график весового процентного содержания фракции $> 63 \mu\text{м}$; график общей суммы пыльцы широколиственных деревьев, в %; границы локальных палинозон и их предполагаемый возраст

Fig. 2. Photograph of the Bychye-2 section site on the right bank of the Pyoza River.

Shown: boundaries of the Boreal marine sediment sequence; graph of the weight percentage of $> 63 \mu\text{м}$ fraction; graph of the total percentage of pollen from broad-leaf trees; boundaries of local palynozones and their estimated age

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Изменения концентрации пыльцы и вариации процентных соотношений между индикаторными пыльцевыми таксонами позволили разделить спорово-пыльцевую диаграмму на 7 локальных пыльцевых зон (ЛПЗ) (Бу¹-1–Бу-7), соответствующих последовательным фазам трансформации растительности территории, окружавшей морской бассейн (см. рис. 2, рис. 3). Поскольку для диаграмм из отложений микулинского возраста таковыми являются только таксоны древесных растений и некоторых травянистых, мы показали на диаграмме лишь избранные пыльцевые кривые.

ЛПЗ, выделенные в разрезе Бычье-2, сопоставлены с региональными палинозонами (РПЗ) севера Карелии и Архангельской области, установленными Э.И. Девятовой [12, 56], в том числе и в разрезе Бычье-1. Последние, в свою очередь, были скоррелированы Funder et al. [26] и Lambeck et al. [28] с датированными палинозонами Западной Европы (таблица). Палинозональная корреляция позволяет нам установить предварительные вероятные возрастные границы выделенных ЛПЗ в разрезе Бычье-2.

¹ Бу — сокращение от английского названия разреза Bychye.

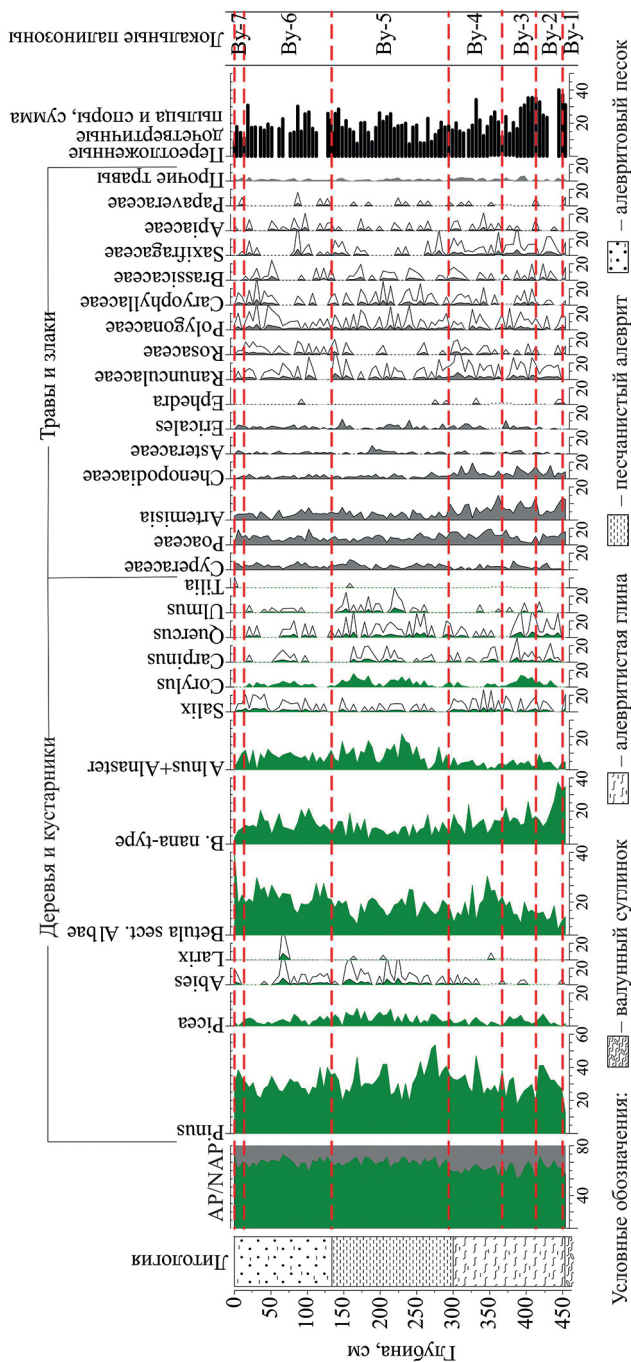


Рис. 3. Палинодиаграмма разреза Бычье-2 (избранные пыльцевые таксоны, в %).
Прозрачные контуры показывают увеличение в 5 раз

Fig. 2. Pollen diagram of the Bychye-2 section (selected pollen records, %).
The transparent contours show ×5 magnification

Таблица

Описание, корреляция и возрастные границы локальных и региональных палинозон, событийная стратиграфия

Table

IDescription of the local palynozones, their correlation with the regional palynozones and estimated age limits, event stratigraphy

Разрез Бычье-2, интервалы, см	ЛПЗ разреза Бычье-2, их описание в данной работе	РПЗ (КА ¹) в разрезе Бычье-1 и их краткое описание [12]	Возраст РПЗ КА ₇ -КА ₁₀ [26] с поправками [28], тыс. л. н.	Событийная стратиграфия в разрезе Пески [19] ²	Аналоги событий, определенных в разрезе Пески [19], в разрезе Бычье-2 ³
12-0	Бу-7, зона березы и сосны, нет широколиственных видов	КА ₁₀ ⁹ , зона максимума березы, исчезновение широколиственных видов	123,5-121,5 122-119,5	РЕ-G – 119,5 тыс.л. н., почти полное исчезновение дуба, граба. Конец межледниковья	Бу-2 (G) – 12 см, исчезновение широколиственных пород
135-12	Бу-6, зона березы, много сосны, ели и ольхи, присутствие пихты и лещины, сокращение дуба, вяза, граба	КА ₇ -КА ₈ (+КА ₉ ?), зона доминирования березы, много сосны и ели, есть дуб, вяз, лещина, которые постепенно убывают вверх по разрезу, в КА ₇ есть граб (КА ₉ в разрезе Бычье-1 размыта)	130,6-123,5 129,1-122	РЕ-F – 124 тыс.л. н., рост доминирования сосны и ели; РЕ-E – 128 тыс.л. н., начальное резкое увеличение граба	
290-135	Бу-5, зона доминирования сосны, максимума ели и ольхи, максимум дуба, вяза, граба, верхний максимум лещины, единичная пыльца липы	КА ₅ -КА ₆ , зона доминирования березы, в примеси сосна и ель, зона дуба, вяза, граба (в КА ₆) максимума лещины	131,75-130,6 130,25-129,1	РЕ-D – 129,8 тыс.л. н., Середина между началом роста лещины и ее нижним пиком	Бу-2 (F) – 160 см, пик ели, уменьшение граба; Бу-2 (E) – явно не выражено граб присутствует в небольшом количестве с 410 см, его основной пик на 170 см
365-290	Бу-4, зона доминирования березы и сосны, присутствуют дуб, вяз, лещина, граб	КА ₄ , зона доминирования сосны и березы, небольшое количество ели, зона дуба, небольшое участие вяза и лещины	132-131,75 130,5-130,25	РЕ-C – 130,25 тыс.л. н., Рост содержания лещины	

Окончание таблицы

End of the table

Разрез Бычье-2, интервалы, см	ЛПЗ разреза Бычье-2, их описание в данной работе	РПЗ (КА ¹) в разрезе Бычье-1 и их краткое описание [12]	Возраст РПЗ КА ₁ –КА ₁₀ [26] с поправками тыс. л. н.	Событийная стратиграфия в разрезе Пески [19] ²	Аналоги событий, определенных в разрезе Пески [19], в разрезе Бычье-2 ³
415–365	Вы-3, зона нижнего максимума сосны и ели, нижний максимум лещины, появление вяза и граба	КА ₃ , зона максимума сосны с участием березы и ели	132,2–132 130,7–130,5		Вы-2 (D) – 395 см, середина между началом роста лещины и ее нижним пиком
450–415	Вы-2, зона сосны и березы, появление дуба и лещины	КА ₁ –КА ₂ , зона максимума березы и травяно-кустарничковых пород, с участием сосны и ели	132,5–132,2 131–130,7	РЕ-В – 130,7 тыс. л. н., рост содержания дуба	Вы-2 (C) – 420 см, рост содержания лещины; Вы-2 (B) – 435 см, появление дуба, резкое увеличение сосны и древесной березы
455–450	Вы-1, зона карликовой березки и максимума ксерофитных трав	Ms, зона максимума березы и травяно-кустарничковых пород		РЕ-А – 131 тыс. л. н., резкое сокращение полюны, начало междельниковья	Вы-2 (A) – 450 см, резкое сокращение карликовой березки и полюны

Примечание.

¹ — КА условный региональный индекс пылевых зон для разрезов Карелии и Архангельской области;² — события расположены в соответствии с возрастом, указанным в графе (4);³ — глубины указаны в соответствии с графой (1).

ЛПЗ Ву-1 (455–450 см; ~133–131 тыс. л. н.) отличается максимальной долей пыльцы берез, особенно кустарничковых, и минимальной для всего разреза долей пыльцы сосны. Количество пыльцы растений ксеро- и галофитов (*Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Ephedra* sp.) достигает более 20 %, значительно количество пыльцы злаков (до 10 %), полыней (до 14 %). ЛПЗ Ву-1 отражает ландшафтные условия холодной тундростепи с единичными участками березового редколесья, а присутствие довольно значительного количества пыльцы приморских галофитов (значительная часть пыльцы злаков, полыней, сложноцветных и др.) свидетельствует о близости береговой линии и условиях мелководья. Состав палинозоны Ву-1 идентичен палинозоне М₃, установленной в разрезе у с. Бычье Э.И. Девятовой [12] и сопоставляемой с концом московского оледенения (см. рис. 3, см. таблицу).

ЛПЗ Ву-2 (450–415 см; ~131–130,7 тыс. л. н.) имеет довольно значительные отличия от ЛПЗ Ву-1. На фоне максимума пыльцы березы и резкого увеличения доли пыльцы сосны, а также присутствия пыльцы гипоарктических (*Betula nana*-type, *Lycopodium pungens*) и аркто-альпийских (*Rosaceae: Dryas* sp., *Potentilla* sp., *Saxifragaceae*, *Diphazium alpinum*, *Papaveraceae*) видов, появляется и образует нижний пик (до 9 %) на диаграмме пыльца ели. Резкое сокращение содержания пыльцы кустарничковых берез и полыни, а также появление единичной пыльцы лещины, дуба и вяза маркирует начало межледниковых условий.

ЛПЗ Ву-3 (415–365 см; ~130,7–130,5 тыс. л. н.) отличает некоторое уменьшение доли пыльцы стеногляциальных трав к верхней границе. По существу, только в эту фазу растительный покров приобрел межледниковый характер, о чем свидетельствует увеличение суммарной доли пыльцы теплолюбивых обитателей смешанного леса (лещины, дуба и вяза), постоянное присутствие пыльцы ели и появление единичной пыльцы пихты.

ЛПЗ Ву-4 (365–290 см; ~130,5–130,25 тыс. л. н.) выделяется, в первую очередь, пиком содержания пыльцы древесной березы (до 40 %). Кроме того, на диаграмме отмечены а) незначительный рост содержания пыльцы *Quercus*, б) некоторое увеличение процентной доли пыльцы *Alnus* и в) максимальные суммарные значения доли пыльцы травянистых растений, состав которых наиболее разнообразен в этой зоне. Вместе с тем содержание *Corylus* снижается в начале зоны и остается незначительным.

ЛПЗ Ву-5 (290–135 см; ~130,25–129,1 тыс. л. н.) характеризуется относительно высоким содержанием пыльцы *Quercus* и *Ulmus* в средней части зоны и максимальными значениями *Alnus* (более 20 % на глубине 225 см). Верхний максимум пыльцы *Corylus* (до 10 % на глубине 160 см) отмечен на фоне доминирования *Pinus* (более 26 %) и максимального содержания пыльцы пихты (3,3 % на глубине 155 см) и ели (11 % на глубине 165 см). Зона характеризует наиболее влажные и теплые климатические условия (термогигротическая стадия), о чем свидетельствуют, помимо всего перечисленного выше, максимальная суммарная доля пыльцы широколиственных растений (до 15 %) и их наиболее разнообразный состав. В ЛПЗ Ву-5 впервые регистрируется единичная пыльца липы.

О наметившемся похолодании климата свидетельствует состав ЛПЗ Ву-6 (135–12 см; ~129,1–122 тыс. л. н.), в спектрах которой снижается почти вдвое содержание пыльцы ольхи и широколиственных растений. Вместе с тем все еще много пыльцы древесной березы (до 35 %), постоянно присутствует пыльца пихты (более 4 %),

незначительно растёт содержание пыльцы ивы, что в совокупности свидетельствует о том, что климатические условия оставались все еще влажными, благодаря морскому влиянию.

ППЗ Бу-7 (12–0 см; ~122–119,5 тыс. л. н.) показывает существенные изменения в составе спорово-пыльцевых спектров и характеризуется резким увеличением содержания пыльцы березы до пикового значения в 47 % в самом верху разреза. В этой зоне резко исчезают все широколиственные деревья, а также ель, ольха и все травянистые растения, кроме полыней и злаков, что в совокупности отражает резкое ухудшение климатической обстановки и свидетельствует о быстром завершении межледниковья.

Во всех образцах, помимо пыльцы и спор четвертичного возраста, встречаются дочетвертичные переотложенные пыльца и споры. В самой нижней части морских глин часто встречалась пыльца хвойных растений с ребристой экзиной корпуса (*Vittatina* sp., *Striatohaploxypinus*, *Striatolebachiiites*, *Striatopodocarpus*), типичная для позднепермских и переходных к раннему триасу отложений, вскрытых в верховьях р. Пёзы и Тиманского края. Обильны также раннемеловые (*Gleichenia delicata* Bolkh., *Cyathidites*, *Osmunda* sp.) и позднемеловые (*Cupressaceae*, *Ginkgo*, *Glyptostrobus* sp.) таксоны. В самой верхней части морских глин преобладает пыльца хвойных позднеюрско-раннемелового возраста (до 90 %). Наиболее высокая процентная доля переотложенных микрофоссилий характерна для самой нижней части разреза (интервал 455–390 см), что, вероятно, может свидетельствовать о высокой гидродинамической активности бассейна на этапе быстрого затопления. В свою очередь, отличная сохранность пыльцевых зерен и вдвое уменьшившаяся доля переотложенной пыльцы в средней части разреза свидетельствуют об ослаблении абразионных процессов и более спокойном гидродинамическом режиме на этапе углубления бассейна.

Для установления региональных особенностей палинostrатиграфии и сопоставления пыльцевых кривых на диаграммах опорных разрезов региона мы в дополнение использовали метод событийной стратиграфии по аналогии с тем, как это было сделано Miettinen et al. [19] для разреза Пески на Карельском перешейке. Это дало возможность провести межрегиональную корреляцию палинозон, выделенных в удаленных разрезах, и выявить несколько сходных реперных событий, отражающих последовательный ход трансформации растительности обоих регионов в ответ на значительные изменения климатических условий (см. таблицу). На диаграмме разреза Пески установлено 7 реперных событий (PE-A–PE-G), что дало возможность Miettinen et al. [19] провести межрегиональную корреляцию с палинозонами осадков скважины Bispingen-Luhe в Нижней Саксонии, Германия [6] и использовать привязку выделенных событий к абсолютному возрасту согласно хронологии, принятой Funder et al. [26] и Lambeck et al. [28]. В изученном нами разрезе Бычье-2 события, соответствующие событиям PE-A–PE-G разреза Пески [19], обозначены как события Бу-2(A)–Бу-2(G) (см. таблицу). Из них хорошо выражены события Бу-2(A)–Бу-2(D) в интервале 450–395 см разреза и, в особенности, последнее событие Бу-2(G) на глубине 12 см (см. таблицу). События Бу-2(E) и Бу-2(F) явно не выражены, но характер изменения пыльцевых кривых позволяет провести корреляцию событий условно.

Событие Бу-2(A) проявлено на глубине 450 см в разрезе Бычье-2 резким сокращением содержания пыльцы карликовой березы и полыни. В разрезе Пески ана-

логичные изменения кривых *Betula nana*-type и *Artemisia* на пыльцевой диаграмме обоснованно приравниваются к началу межледниковья и датируются 131 тыс. л. н. на основе корреляции с палинозонами скважины Bispingen-Luhe [6]. В разрезе Бычьё-1 подобная же особенность отличает начало зоны КА₁ [12]. Переход от ледниковых условий к межледниковым отмечен повсеместно на пыльцевых диаграммах Северной и Средней Европы резким увеличением содержания пыльцы древесных берез и сосны, что интерпретируется как первая фаза экспансии лесов [20, 22, 31, 35, 57, 58].

Событие Ву-2(B) (435 см на пыльцевой диаграмме разреза Бычьё-2) выявлено по резкому увеличению содержания пыльцы сосны и древесной березы, появлению пыльцы дуба, что, вероятно, отражает быстрое распространение в регионе сосново-березовых лесных формаций. Согласно интерпретации пыльцевой записи в разрезе Пески, где событие РЕ-В означает рост содержания пыльцы дуба, данная фаза трансформации растительного покрова датируется временным отрезком 300 лет от начала межледниковья, что в целом примерно соответствует возрастным оценкам ЛПЗ Ву-2 (131–130,7 тыс. л. н.), в пределах которой отмечено данное событие (см. таблицу).

Событие Ву-2(C) установлено на глубине 420 см разреза Бычьё-2 по началу непрерывного увеличения содержания пыльцы *Corylus*, что свидетельствует о распространении лещины в лесах региона. Это событие соответствует аналогичным изменениям в середине зоны Ре-3а на диаграмме разреза Пески [19] и в начале зоны КА₃ в разрезе Бычьё-1. Изначально рост процентного содержания пыльцы лещины был отмечен в основании зоны IIIa в разрезе опорной скважины Bispingen-Luhe [6] и датирован временной отметкой 130,25 тыс. л. н. (или 750 лет от начала межледниковья).

Событие Ву-2(D) соответствует событию РЕ-D, которое в разрезе Пески распознается над основанием зоны Ре-3b [19], а также выявляется в основании зоны КА₄ в разрезе Бычьё-1 как середина между появлением пыльцы лещины и ее нижним максимумом. В разрезе Бычьё-1 похожий эпизод в развитии пыльцевой кривой лещины зарегистрирован на глубине 395 см. В разрезе Пески это событие датируется отметкой 1200 лет от начала межледниковья (129,8 тыс. л. н.). В разрезе Бычьё-2 оно отмечено в пределах ЛПЗ Ву-3 возрастом 130,7–130,5 тыс. л. н. (см. таблицу).

Последующие два события, *Ву-2(E)* и *Ву-2(F)*, в разрезе Бычьё-2 коррелируются с событиями РЕ-E и РЕ-F в разрезе Пески лишь условно, так как на диаграмме разреза Бычьё-2 можно видеть лишь похожую тенденцию. Так, событие РЕ-E маркирует первоначальный резкий подъем содержания пыльцы *Carpinus*, а на диаграмме Бычьё-2 *Carpinus* явных пиков содержания не дает, появляясь единично с глубины 450 см и встречаясь выше по разрезу преимущественно единично. Аналогичная картина и на диаграмме Бычьё-1 [12], где пыльца *Carpinus* указана лишь знаком присутствия без подсчета процентов. Но в разрезе Бычьё-2 его доля достигает 4 % и более на глубине 170 см, поэтому мы считаем возможным провести корреляцию с событием РЕ-E.

Событие Ву-2(G), аналогичное событию РЕ-G, маркирует исчезновение пыльцы широколиственных растений. В разрезе Пески это событие проявилось в конце пыльцевой зоны Ре-5 [19] и датировано временем 11,5 тысяч лет после начала межледниковья (или около 119,5 тыс. л. н.), а в разрезе Бычьё-1 — в конце пыльцевой зоны КА₈. В разрезе Бычьё-2 это же событие отмечено на глубине 12 см. Кроме того, оно сопровождается значительным уменьшением доли участия в спектрах

темнохвойных элементов и ольхи, а также пиком березы и увеличением содержания травянистых растений, преимущественно полыни и злаков, таким образом, со всей очевидностью свидетельствуя о резком окончании межледникового и быстром вытеснении смешанных лесов холодными березовыми формациями.

Суммируя все вышеизложенное, мы делаем вывод, что палинологические данные, полученные по разрезу Бычье-2, свидетельствуют о широком распространении в Беломорском регионе на самой ранней стадии микулинского межледникового холодоустойчивых сообществ из кустарничковых берез и ивняков, чередующихся с перигляциальными открытостепными, в том числе прибрежно-луговыми, из злаков, полыней, сложноцветных и маревых. Как и в более южных районах Русской равнины [33, 59, 60], в Беломорском регионе отчетливо проявились две последовательные климатические стадии — термоксеротическая и термогигротическая. В термоксеротическую стадию в смешанных лесах региона, весьма вероятно, определенное участие имели дуб, вяз и лещина, тогда как в термогигротическую стадию произошло широкое распространение ольшаников (по берегам рек) и увеличение доли участия в лесах пихты, ели и, возможно, граба. Пыльцевые спектры ЛПЗ Ву-4 (365–290 см, см. рис. 3) отражают частичную деградацию лесной растительности и распространение кустарничковых формаций в сочетании с лугами и, возможно, болотами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

На основе изучения вариаций состава спор и пыльцы в разрезе Бычье-2 нам удалось выявить полный цикл эволюции растительности региона с конца московской ледниковой эпохи и в течение микулинского межледникового, включая его ранние этапы и климатический оптимум. Выявленные фазы трансформации растительности в основном согласуются с известной схемой, установленной по пыльцевым данным из разрезов Балтики и северо-востока Европы [6, 31]. Обилие пыльцы термофильных широколиственных растений умеренного пояса в толще отложений Бычье-2 подтверждает корреляцию с оптимумом зема Западной Европы, климат которого был более теплым, чем климатический оптимум голоцена. Пыльцевая диаграмма демонстрирует последовательность кульминации основных лесообразующих пород деревьев, в целом аналогичную микулинскому стратотипу Русской равнины [по 32]. Так, таксономический состав спорово-пыльцевых спектров ЛПЗ Ву-1–Ву-7 близок таковому в пыльцевых зонах M_1 – M_7 , а также хорошо сопоставим с пыльцевыми зонами, описанными ранее в обнажениях Бычье-1 и Затон [12]. Вместе с тем анализ пыльцевых данных из разреза Бычье-2 выявил местную индивидуальность растительного покрова региона, проявившуюся, в первую очередь, незначительной долей участия в составе лесных сообществ наиболее термофильных лиственных деревьев, а именно граба и липы, доминировавших в лесах соседнего Балтийского региона [19, 61–63]. Единичная пыльца липы отмечена на диаграмме только в верхней части разреза, что нарушает известную последовательность появления пыльцы широколиственных пород на диаграммах микулинского/земского времени [31, 36, 64], в том числе и в Онего-Мезенском флористическом районе в трактовке В.П. Гричука [33]. Вместе с тем, согласно известным палеореконструкциям [65], в отличие от западных и центральных районов европейской части территории России, на северо-западе Архангельской области на протяжении всего межледникового были широко распространены еловые и елово-березовые леса, причем широколиственные породы (дуб, вяз, граб) в их состав входили лишь незначительной примесью в фазу климатического

оптимума, а участие липы было и вовсе незначительным. Подобная же особенность отмечается в пыльцевых записях из близлежащих районов Прибалтики [61]. Пыльцевые данные по разрезу Пески также свидетельствуют о весьма незначительном участии пыльцы липы в составе пыльцевых спектров. Прерывистая кривая *Carpinus* и отсутствие отчетливых пиков ее содержания на диаграммах разрезов Бычье-2 и Бычье-1 свидетельствуют о неблагоприятных экологических условиях для распространения граба к востоку и северо-востоку от Балтийского региона, морской тип климата которого максимально благоприятствовал его значительному участию в составе смешанных лесов [22, 31, 64, 66–68]. Максимальная экспансия лиственных деревьев умеренной зоны в Беломорском регионе следует сразу за началом регрессии примерно 130–129 тыс. л. н. (ЛПЗ Ву-5).

Усредненность и монотонность спорово-пыльцевой диаграммы разреза Бычье-2, отсутствие отчетливых пиков лиственных деревьев умеренного пояса, характерных для диаграмм микулинского времени более южных районов Русской равнины, мы объясняем морским генезисом осадков и удаленным северным положением разреза Бычье-2, где в течение всего межледникового господствовали хвойно-березовые сообщества [38].

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interests.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 22-27-00324.

Funding. The research was supported by the Russian Science Foundation, project 22-27-00324.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shackleton N.J., Sánchez-Goñi M.F., Pailler D., Lancelot Y. Marine Isotope Substage 5e and the Eemian Interglacial // *Global and Planetary Change*. 2003. V. 36. P. 151–155. doi: 10.1016/S0921-8181(02)00181-9.
2. Kukla G.J. The last interglacial // *Science*. 2000. V. 287. P. 987–988. doi: 10.1126/science.287.5455.987.
3. Kukla G.J., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Bond G., Broecker W.S., Cleveringa P., Gavin J.E., Herbert T.D., Imbrie J., Jouzel J., Keigwin L.D., Knudsen K.-L., McManus J.F., Merkt J., Muhs D.R., Muller H., Poore R.Z., Porter S.C., Seret G., Shackleton N.J., Turner C., Tzedakis P.C., Winograd I.J. Last Interglacial Climates // *Quaternary Research*. 2002. V. 58. P. 2–13. doi: 10.1006/qres.2001.2316.
4. CAPE-Last Interglacial Project Members. Last Interglacial arctic warmth confirms polar amplification of climate change // *Quaternary Science Reviews*. 2006. V. 25. P. 1383–1400. doi: 10.1016/j.quascirev.2006.01.033.
5. Turner C. Formal status and vegetational development of the Eemian Interglacial in northwestern and southern Europe // *Quaternary Research*. 2002. V. 58. P. 41–44. doi: 10.1006/qres.2002.2365.
6. Müller H. Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählung an der eem-zeitlichen Kieselgur von Bisingen/Luhe // *Geologisches Jahrbuch*. 1974. Bd. A-21. S. 149–169.
7. Fletcher W.J., Sañches Goñi M.F., Allen J.M.D., Cheddadi R., Combourieu-Nebout N., Huntley B., Lawson I., Londeix L., Magri D., Margari V., Müller U.C., Naughton F., Novenko E., Roucoux K., Tzedakis P.C. Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe // *Quaternary Science Reviews*. 2010. V. 29. P. 2839–2864. doi: 10.1016/j.quascirev.2009.11.015.

8. LIGA members: *Anderson P., Borisova O., de Beaulieu J.-L., de Vernal A., Eiriksson J., Funder S., Gibbard P., Hamilton T., Harrison S.P., Houmark-Nielssen M., Huntley B., Knudsen K.L., Larsen E., Maher L.J., Matthews J.V. Jr., Miller G., Raukas A., Reeh N., Robertsson A.-M., Rutter N., Schweger C.E., Sejrup H.-P., Sher A., Telka A., Turner C., Velichko A., Ward B.* Report of 1st discussion group: the Last Interglacial in high latitudes of the Northern Hemisphere: terrestrial and marine evidence // *Quaternary International*. 1991. V. 10–12. P. 9–28. doi: 10.1016/1040-6182(91)90038-P.
9. *Saarnisto M., Eriksson B., Hirvas H.* Tepsankumpu revisited — pollen evidence of stable Eemian climates in Finnish Lapland // *Boreas*. 2008. V. 28. P. 12–22. doi: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00204.x.
10. *Лаврова М.А.* Соотношение межледниковой бореальной трансгрессии севера СССР с эемской в Западной Европе // *Труды Института геологии Академии наук Эстонской ССР*. 1961. Т. VIII. С. 65–88.
11. *Гудина В.И., Евзеров В.Я.* Стратиграфия и фораминиферы верхнего плейстоцена Кольского полуострова. Новосибирск: Наука, 1973. 145 с.
12. *Девятова Э.И.* Природная среда позднего плейстоцена и ее влияние на расселение человека в Северодвинском бассейне и в Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1982. 156 с.
13. *Gey V., Saarnisto M., Lunkka J.P., Demidov I.* Mikulino and Valdai palaeoenvironments in the Vologda area, NW Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. P. 347–366. doi: 10.1016/S0921-8181(01)00129—1.
14. *Houmark-Nielsen M., Demidov I., Funder S., Grøsfjeld K., Kjær K. H., Larsen E., Lavrova N., Lyså A., Nielsen J. K.* Early and Middle Valdaian glaciations, ice-dammed lakes and periglacial interstadials in northwest Russia: new evidence from the Pyösa River area // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. P. 215–237. doi: 10.1016/S0921-8181(01)00121-7.
15. *Korsakova O.* Pleistocene marine deposits in the coastal areas of Kola Peninsula (Russia) // *Quaternary International*. 2009. V. 206. P. 3–15. doi: 10.1016/j.quaint.2008.11.004.
16. *Korsakova O.P.* Formal stratigraphy of the Neopleistocene (middle and upper/late Pleistocene) in the Kola region, NW Russia // *Quaternary International*. 2019. V. 534 (2). P. 42–59. doi: 10.1016/j.quaint.2019.03.007.
17. *Molod'kov A., Yevzerov V.* ESR/OSL ages of long-debated sub-till fossil-bearing marine deposits from the southern Kola Peninsula, Varzuga section: stratigraphic implications // *Boreas*. 2004. V. 33. P. 123–131. doi: 10.1111/j.1502-3885.2004.tb01134.x.
18. *Grøsfjeld K., Funder S., Seidenkrantz M.S., Glaister C.* Last Interglacial marine environments in the White Sea region, northwestern Russia // *Boreas*. 2006. V. 35. P. 493–520. doi:10.1080/03009480600781917.
19. *Miettinen A., Head M.J., Knudsen K.* Eemian sea-level highstand in the eastern Baltic Sea linked to long-duration White Sea connection // *Quaternary Science Reviews*. 2014. V. 86. P. 158–174. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.12.009.
20. *Salonen S., Helmens K., Brendryen J., Kuosmanen N., Väiliranta M., Goring S., Korpela M., Kylander M., Philip A., Pliik A., Renissen H., Luoto M.* Abrupt high-latitude climate events and decoupled seasonal trends during the Eemian // *Nature Communications*. 2018. V. 9. P. 1–10. doi: 10.1038/s41467-018-05314-1.
21. *Zaretskaya N., Rybalko A., Repkina T., Shilova O., Krylov A.* Late Pleistocene in the southeastern White Sea and adjacent areas (Arkhangelsk region, Russia): Stratigraphy and palaeoenvironments // *Quaternary International*. 2021. V. 605–606. P. 126–141. doi: 10.1016/j.quaint.2020.10.057.
22. *Cleveringa P., Meijer T., van Leeuwen R.J.W., de Wolf H., Pouwer R., Lissenberg T., Burger A.W.* The Eemian stratotype locality at Amersfoort in the central Netherlands: a re-evaluation of old and new data // *Geologie en Mijnbouw. Netherlands Journal of Geosciences*. 2000. V. 79 (2/3). P. 197–216. doi: 10.1017/S0016774600023659.

23. Dalton A.S., Evan J., Gowan E.J., Mangerud J., Möller P., Lunkka J.P., Astakhov V. Last interglacial sea-level proxies in the glaciated Northern Hemisphere // *Earth Syst. Sci. Data*. 2022. V. 14. P. 1447–1492. doi: 10.5194/essd-14-1447-2022.
24. Ikonen L., Ekman I. Biostratigraphy of the Mikulino interglacial sediments in NW Russia: the Petrozavodsk site and a literature review // *Annales Academiae Scientiarum Fennicae A III Geologica—Geographica*. 2001. V. 161. 88 p.
25. Helmens K.F., Väiranta M., Engels S., Shala S. Large shifts in vegetation and climate during the Early Weichselian (MIS 5d-c) inferred from multi-proxy evidence at Sokli (northern Finland) // *Quaternary Science Reviews*. 2012. V. 41. P. 22–38. doi: 10.1016/j.quascirev.2012.02.008.
26. Funder S., Demidov I., Yelovicheva Ya. Hydrography and mollusc faunas of the Baltic and the White Sea-North Sea seaway in the Eemian // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2002. V. 184. P. 275–304. doi: 10.1016/S0031-0182(02)00256-0.
27. Knudsen K. L., Jiang H., Gibbard P. L., Kristensen P., Seidenkrantz M.-S., Janczyk-Kopikowa Z., Marks L. Environmental reconstructions of Eemian Stage interglacial marine records in the Lower Vistula area, southern Baltic Sea // *Boreas*. 2012. V. 41. P. 209–234. doi: 10.1111/j.1502-3885.2011.00232.x.
28. Lambeck K., Purcell A., Funder S., Kjær K. H., Larsen E., Möller P. Constraints on the Late Saalian to early Middle Weichselian ice sheet of Eurasia from field data and rebound modelling // *Boreas*. 2006. V. 35. P. 539–575. doi: 10.1080/03009480600781875.
29. Корсакова О.П., Колька В.В. Плейстоценовая история осадконакопления в береговой зоне Кольского полуострова // *Известия Русского географического общества*. 2009. Т. 141. № 4. С. 35–47.
30. Семенова Л.Р., Рыбалко А.Е., Журавлев В.А. Четвертичная система // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. С. 86–122.
31. Zagwijn W.H. An analysis of Eemian climate in Western and Central Europe // *Quaternary Science Reviews*. 1996. V. 15. P. 451–469. doi: 10.1016/0277-3791(96)00011-X.
32. Гричук В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. С. 25–71.
33. Grichuk V.P. Late Pleistocene vegetation history // Velichko A.A., Wright H.E., Barnosky C.W. (Eds.) *Late Quaternary Environments of the Soviet Union*. London: Longman, 1984. P. 155–179.
34. Andersen S.T. Interglacial vegetational succession and lake development in Denmark // *Palaeobotanist*. 1966. V. 15. P. 117–127.
35. Boettger T., Novenko E. Yu., Velichko A.A., Borisova O.K., Kremenetski K.V., Knetsch S., Junge F.W. Instability of climate and vegetational dynamics in Central and Eastern Europe during the final stage of the Last Interglacial (Eemian, Mikulino) and Early glaciation // *Quaternary International*. 2009. V. 207. P. 137–144. doi: 10.1016/j.quaint.2009.05.006.
36. Zagwijn W.H. Vegetation and climate during warmer intervals in the late Pleistocene of Western and Central Europe // *Quaternary International*. 1989. V. 3/4. P. 57–67. doi: 10.1016/1040-6182(89)90074-8.
37. Donner J. *The Quaternary History of Scandinavia / World and Regional Geology 7*. Cambridge University Press, 1995. 200 p.
38. Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.
39. Атлас Арктики / Под ред. Трешников А.Ф. М.: ГУГК, 1985. 204 с.
40. Физико-географический атлас мира. М.: ГУГК, 1964. 298 с.

41. Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР. Л.: Наука, 1978. 189 с.
42. Растительный покров СССР. Пояснительный текст к геоботанической карте СССР / Под ред. Е.М. Лавренко, В.Б. Сочавы. Ч. 1. М; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 971 с.
43. Юрцев Б.А., Толмачев А.И., Ребристая О.В. Флористическое разнообразие и районирование Арктики // Арктическая флористическая область / Под ред. Б.А. Юрцева. Л.: Наука, 1978. С. 9–66.
44. Браславская Т.Ю., Горячкин С.В., Кутенков С.А., Мамонтов Т.В., Попов С.Ю., Пучнина Л.В., Сидорова О.В., Торхов С.В., Федченко И.А., Чуракова Е.Ю. Флора и растительность Беломорско-Кулойского плато. Архангельск: САФУ, 2017. 302 с.
45. Малясова Е.С. Пыльца и споры из донных осадков Белого моря // Палинология голоцена и маринопалинология. М.: Наука, 1973. С. 119–123.
46. Руденко О.В., Полякова Е.И. Особенности формирования спорово-пыльцевых спектров в поверхностных осадках Баренцева моря // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 111–120.
47. Новичкова Е.А. Постледниковая история развития Белого моря по материалам изучения водных и наземных палиноморф: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М. 2008. 24 с.
48. Палеопалинология / Под ред. И.М. Покровской. Л.: Недра, 1966. Т. 1. 351 с.
49. Stockmarr J. Tablets spores used in absolute pollen analysis // Pollen Spores. 1971. V. 13. P. 616–621.
50. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. 438 с.
51. Beug H.J. Leitfaden der Pollenbestimmung. Munchen: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2004. 542 p.
52. Reille M. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Marseille: Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, 1992. 520 p.
53. PalDat — Palynological Database an online publication on recent pollen. URL: <http://www.paldat.org/> (дата обращения: 17.10.2021).
54. Grimm E.C. TILIA 2.0 Version b.4 (Computer Software). Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 1993.
55. Grimm E.C. TGView. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 2004.
56. Девятова Э.И., Раукас А.В., Раямяэ Р.А., Хюмм Г.И. Верхнеплейстоценовый разрез Пасьва (р. Вага, Архангельская область) и его стратиграфическое значение // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1981. № 51. С. 38–50.
57. Cheddadi R., Mamakowa K., Guiot J., de Beaulieu J.-L., Reille M., Andrieu V., Granoszewski W., Peyron O. Was the climate of the Eemian stable? A quantitative climate reconstruction from seven European pollen records // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1998. V. 143. P. 73–85. doi: 10.1016/S0031-0182(98)00067-4.
58. Mamakowa K. Late Middle Polish glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wroclaw and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland // Acta Palaeobotanica. 1989. V. 29. P. 11–176.
59. Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Периодизация, корреляция и абсолютный возраст теплых и холодных эпох последних 200 тысяч лет // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Вып. 3. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2008. С. 45–64.
60. Raukas A. Eemian interglacial record in the northwestern European part of the Soviet Union // Quaternary International. 1991. V. 10–12. P. 183–189. doi: 10.1016/1040-6182(91)90051-O.
61. Кондратене О. Стратиграфия и палеогеография квартера Литвы по палеоботаническим данным. Вильнюс: Academia, 1996. 213 с.

62. *Lijvrاند E.* Suur-Prangly section as the regional stratotype of the Eemian marine deposits // *Izvestija Akademii Nauk Estonskoi SSR, ser. Geol.* 1987. V. 36. P. 20–26.
63. *Lijvrاند E.* Problematic Snaigupele interglacial as a misleading factor in stratigraphical reconstruction and Climate // Abstract Volume of the INQUA-SEQS Symposium: 104. Geological Survey of Lithuania. Vilnius, 1997. P. 104.
64. *Zagwijn W.H.* Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part 1: Eemian and Early Weichselian // *Mededelingen Geologische Stichting Nieuwe.* 1961. Serie 14. P. 15–45.
65. *Плешивецкая Э.С., Гриб В.П.* К стратиграфии четвертичных отложений нижнего течения р. Северной Двины // Доклады по геоморфологии и палеогеографии северо-запада европейской части СССР. Вып. 2. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1965. С. 7–34.
66. *Novenko E.Y., Seifert-Eulen M., Boettger T., Junge F.W.* Eemian and Early Weichselian vegetation and climate history in Central Europe: A case study from the Klinge section (Lusatia, Germany) // *Review of Palaeobotany and Palynology.* 2008. V. 151. P. 72–78. doi: 10.1016/j.revpalbo.2008.02.005.
67. *Velichko A.A.* Late Pleistocene spatial paleoclimatic reconstructions // *Late Quaternary Environments of the Soviet Union (Velichko A.A. Ed.).* London: Longman, 1984. P. 261–285.
68. *Velichko A.A., Borisova O.K., Zelikson E.M.* Paradoxes of the Last Interglacial climate: reconstruction of the northern Eurasia climate based on palaeofloristic data // *Boreas.* 2008. V. 37. P. 1–19. doi: 10.1111/j.1502-3885.2007.00001.x.

REFERENCES

1. *Shackleton N.J., Sánchez-Goni M.F., Pailler D., Lancelot Y.* Marine Isotope Substage 5e and the Eemian Interglacial. *Glob. Planet. Change.* 2003, 36: 151–155. doi: 10.1016/S0921-8181(02)00181-9.
2. *Kukla G.J.* The last interglacial. *Science.* 2000, 287: 987–988. doi: 10.1126/science.287.5455.987.
3. *Kukla G.J., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Bond G., Broecker W.S., Cleveringa P., Gavin J.E., Herbert T.D., Imbrie J., Jouzel J., Keigwin L.D., Knudsen K.-L., McManus J.F., Merkt J., Muhs D.R., Muller H., Poore R.Z., Porter S.C., Seret G., Shackleton N.J., Turner C., Tzedakis P.C., Winograd I.J.* Last Interglacial Climates. *Quat. Res.* 2002, 58: 2–13. doi: 10.1006/qres.2001.2316.
4. CAPE-Last Interglacial Project Members. Last Interglacial arctic warmth confirms polar amplification of climate change. *Quat. Sci. Rev.* 2006, 25: 1383–1400. doi: 10.1016/j.quascirev.2006.01.033.
5. *Turner C.* Formal status and vegetational development of the Eemian Interglacial in northwestern and southern Europe. *Quat. Res.* 2002, 58: 41–44. doi: 10.1006/qres.2002.2365.
6. *Müller H.* Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählung an der eem-zeitlichen Kieselgur von Bisingen. *Luhe. Geologisches Jahrbuch.* 1974, A-21: 149–169.
7. *Fletcher W.J., Sañches Goni M.F., Allen J.M.D., Cheddadi R., Combourieu-Nebout N., Huntley B., Lawson I., Londeix L., Magri D., Margari V., Müller U.C., Naughton F., Novenko E., Roucoux K., Tzedakis P.C.* Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe. *Quat. Sci. Rev.* 2010, 29: 2839–2864. doi: 10.1016/j.quascirev.2009.11.015.
8. LIGA members: *Anderson P., Borisova O., de Beaulieu J.-L., de Vernal A., Eiriksson J., Funder S., Gibbard P., Hamilton T., Harrison S.P., Houmark-Nielsen M., Huntley B., Knudsen K.L., Larsen E., Maher L.J., Matthews J.V. Jr., Miller G., Raukas A., Reeh N., Robertsson A.-M., Rutter N., Schweger C.E., Sejrup H.-P., Sher A., Telka A., Turner C., Velichko A., Ward B.* Report of 1st discussion group: the Last Interglacial in high latitudes of the Northern Hemisphere: terrestrial and marine evidence. *Quat. Int.* 1991, 10–12: 9–28. doi: 10.1016/1040-6182(91)90038-P
9. *Saarnisto M., Eriksson B., Hirvas H.* Tepsankumpu revisited — pollen evidence of stable Eemian climates in Finnish Lapland. *Boreas.* 2008, 28: 12–22. doi: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00204.x.

10. Lavrova M.A. Correlation of the Interglacial Boreal Transgression of the Northern USSR with the Eemian Transgression in Western Europe. *Trudy instituta geologii Akademii nauk Estonskoi SSR*. Proc. of the Institute of Geology, Academy of Sciences of the Estonian SSR. 1961, 8: 65–88. [In Russian].
11. Gudina V.I., Evzerov V.Ya. *Stratigrafiia i foraminifery verkhnego pleistotsena Kol'skogo poluostrova*. Stratigraphy and foraminifera of the Upper Pleistocene of the Kola Peninsula. Novosibirsk: Nauka, 1973: 145 p. [In Russian].
12. Devyatova E.I. *Prirodnaya sreda pozdnego pleistotsena i ee vliyanie na rasselenie cheloveka v Severodvinskoi basseine i v Karelii*. Late Pleistocene environment and its influence on human settlement in the Severnaya Dvina basin and in Karelia. Petrozavodsk: Kareliia, 1982: 156 p. [In Russian].
13. Gey V., Saarnisto M., Lunkka J.P., Demidov I. Mikulino and Valдай palaeoenvironments in the Vologda area, NW Russia. *Glob. Planet. Change*. 2001, 31: 347–366. doi: 10.1016/S0921-8181(01)00129-1.
14. Houmark-Nielsen M., Demidov I., Funder S., Grøsfjeld K., Kjær K. H., Larsen E., Lavrova N., Lyså A., Nielsen J.K. Early and Middle Valdaian glaciations, ice-dammed lakes and periglacial interstadials in northwest Russia: new evidence from the Pyösa River area. *Glob. Planet. Change*. 2001, 31: 215–237. doi: 10.1016/S0921-8181(01)00121-7.
15. Korsakova O. Pleistocene marine deposits in the coastal areas of Kola Peninsula (Russia). *Quat. Int.* 2009, 206: 3–15. doi: 10.1016/j.quaint.2008.11.004.
16. Korsakova O.P. Formal stratigraphy of the Neopleistocene (middle and upper/late Pleistocene) in the Kola region, NW Russia. *Quat. Int.* 2019, 534 (2): 42–59. doi: 10.1016/j.quaint.2019.03.007.
17. Molodkov A., Yevzerov V. ESR/OSL ages of long-debated sub-till fossil-bearing marine deposits from the southern Kola Peninsula, Varzuga section: stratigraphic implications *Boreas*. 2004, 33: 123–131. doi: 10.1111/j.1502-3885.2004.tb01134.x.
18. Grøsfjeld K., Funder S., Seidenkrantz M.S., Glaister C. Last Interglacial marine environments in the White Sea region, northwestern Russia. *Boreas*. 2006, 35: 493–520. doi: 10.1080/03009480600781917.
19. Miettinen A., Head M.J., Knudsen K. Eemian sea-level highstand in the eastern Baltic Sea linked to long-duration White Sea connection. *Quat. Sci. Rev.* 2014, 86: 158–174. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.12.009.
20. Salonen S., Helmens K., Brendryen J., Kuosmanen N., Väiliranta M., Goring S., Korpela M., Kylander M., Philip A., Pliikk A., Renssen H., Luoto M. Abrupt high-latitude climate events and decoupled seasonal trends during the Eemian. *Nature Comm.* 2018, 9: 1–10. doi: 10.1038/s41467-018-05314-1.
21. Zaretskaya N., Rybalko A., Repkina T., Shilova O., Krylov A. Late Pleistocene in the southeastern White Sea and adjacent areas (Arkhangelsk region, Russia): Stratigraphy and palaeoenvironments. *Quat. Int.* 2021, 605–606: 126–141. doi: 10.1016/j.quaint.2020.10.057.
22. Cleveringa P., Meijer T., van Leeuwen R.J.W., de Wolf H., Pouwer R., Lissenberg T., Burger A.W. The Eemian stratotype locality at Amersfoort in the central Netherlands: a re-evaluation of old and new data. *Geologie en Mijnbouw. Netherlands Journal of Geosciences*. 2000, 79 (2/3): 197–216. doi: 10.1017/S0016774600023659.
23. Dalton A.S., Evan J., Gowan E.J., Mangerud J., Möller P., Lunkka J.P., Astakhov V. Last interglacial sea-level proxies in the glaciated Northern Hemisphere. *Earth Syst. Sci. Data*. 2022, 14: 1447–1492. doi: 10.5194/essd-14-1447-2022.
24. Ikonen L., Ekman I. Biostratigraphy of the Mikulino interglacial sediments in NW Russia: the Petrozavodsk site and a literature review. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae A III Geologica-Geographica*. 2001, 161: 88 p.
25. Helmens K.F., Väiliranta M., Engels S., Shala S. Large shifts in vegetation and climate during the Early Weichselian (MIS 5d-c) inferred from multi-proxy evidence at Sokli (northern Finland). *Quat. Sci. Rev.* 2012, 41: 22–38. doi: 10.1016/j.quascirev.2012.02.008.

26. Funder S., Demidov I., Yelovicheva Ya. Hydrography and mollusc faunas of the Baltic and the White Sea-North Sea seaway in the Eemian. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* 2002, 184: 275–304. doi: 10.1016/S0031-0182(02)00256-0.
27. Knudsen K. L., Jiang H., Gibbard P. L., Kristensen P., Seidenkrantz M.-S., Janczyk-Kopikowa Z., Marks L. Environmental reconstructions of Eemian Stage interglacial marine records in the Lower Vistula area, southern Baltic Sea. *Boreas*. 2012, 41: 209–234. doi: 10.1111/j.1502-3885.2011.00232.x.
28. Lambeck K., Purcell A., Funder S., Kjær K. H., Larsen E., Möller P. Constraints on the Late Saalian to early Middle Weichselian ice sheet of Eurasia from field data and rebound modelling. *Boreas*. 2006, 35: 539–575. doi: 10.1080/03009480600781875.
29. Korsakova O.P., Kol'ka V.V. Pleistocene sedimentation history in the coastal zone of the Kola Peninsula. *Izvestiia Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Proc. of the Russian Geographical Society. 2009, 141 (4): 35–47. [In Russian].
30. Semenova L.R., Rybalko A.E., Zhuravlev V.A. *Chetvertichnaya Sistema. GGK RF (1:1000000), tret'e pokolenie, seriya Mezenskaia, list Q-38 (Mezen'). Ob'yasnitel'naya zapiska*. Quaternary System. GGK RF (1:1000000), third generation, Mezen' series, sheet Q-38 (Mezen'), Explanatory note. 2012: 86–122. [In Russian].
31. Zagwijn W.H. An analysis of Eemian climate in Western and Central Europe. *Quat. Sci. Rev.* 1996, 15: 451–469. doi: 10.1016/0277-3791(96)00011-X.
32. Grichuk V.P. Fossil floras as a paleontological basis for the stratigraphy of Quaternary deposits. *Rel'ef i stratigrafiya chetvertichnykh otlozhenii severo-zapada Russkoi ravniny*. Relief and Stratigraphy of Quaternary Deposits of the Northwest Russian Plain. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1961: 25–71. [In Russian].
33. Grichuk V.P. Late Pleistocene vegetation history. Velichko A.A., Wright H.E., Barnosky C.W. (Eds.) *Late Quaternary Environments of the Soviet Union*. London: Longman, 1984: 155–179.
34. Andersen S.T. Interglacial vegetational succession and lake development in Denmark. *Palaeobotanist*. 1966, 15: 117–127.
35. Boettger T., Novenko E. Yu., Velichko A.A., Borisova O.K., Kremenetski K.V., Knetsch S., Junge F.W. Instability of climate and vegetational dynamics in Central and Eastern Europe during the final stage of the Last Interglacial (Eemian, Mikulino) and Early glaciation. *Quat. Int.* 2009, 207: 137–144. doi: 10.1016/j.quaint.2009.05.006.
36. Zagwijn W.H. Vegetation and climate during warmer intervals in the late Pleistocene of Western and Central Europe. *Quat. Int.* 1989, 3/4: 57–67. doi: 10.1016/1040-6182(89)90074-8.
37. Donner J. *The Quaternary History of Scandinavia*. World and Regional Geology 7. Cambridge University Press, 1995: 200 p.
38. Grichuk V.P. *Istoriia flory i rastitel'nosti Russkoi ravniny v pleistotsene*. History of flora and vegetation of the Russian Plain in the Pleistocene. Moscow: Nauka, 1989: 183 p. [In Russian].
39. *Atlas Arktiki*. Arctic Atlas. Treshnikov A.F. (Ed.) Moscow: GUGK, 1985: 204 p. [In Russian].
40. *Fiziko-geograficheskii atlas mira*. Physical-Geographical Atlas of the World. Moscow: GUGK, 1964: 298 p. [In Russian].
41. Bobrov E.G. *Lesobrazuiushchie khvoynye SSSR*. Forest-forming conifers of the USSR. Leningrad: Nauka, 1978: 189 p. [In Russian].
42. *Rastitel'nyi pokrov SSSR. Poiasnitel'nyi tekst k geobotanicheskoi karte SSSR*. Vegetation cover of the USSR. Explanatory text to the geobotanical map of the USSR. Part 1. E.M. Lavrenko, V.B. Sochava. (Ed.) Moscow; Leningrad: Publ. of the Academy of Sciences of the USSR, 1956: 971 p. [In Russian].
43. Yurtsev B.A., Tolmachev A.I., Rebristaya O.V. Floristic diversity and zoning of the Arctic. *Arkticheskii floristicheskii region*. Arctic floristic region. Yurtsev B.A. (Ed.). Leningrad: Nauka, 1978: 9–66. [In Russian].

44. *Braslavskaya T.Yu., Goryachkin S.V., Kutenkov S.A., Mamontov T.V., Popov S.Yu., Puchnina L.V., Sidorova O.V., Torkhov S.V., Fedchenko I.A., Churakova E.Yu. Flora i rastitel'nost' Belomorsko-Kuloiskogo plato.* Flora and vegetation of the Belomorsko-Kuloiskoe Plateau. Arkhangel'sk: SAFU, 2017: 302 p. [In Russian].
45. *Malyasova E.S.* Pollen and spores from bottom sediments of the White Sea. *Palinologiya golotsena i marinopalinologiya.* Holocene Palynology and Marinopalynology. Moscow: Nauka, 1973: 119–123. [In Russian].
46. *Rudenko O.V., Polyakova E.I.* Peculiarities of formation of spore-pollen spectra in surface sediments of the Barents Sea. *Sedimentologicheskie protsessy i evoliutsiya morskikh ekosistem v usloviyakh morskogo perigliatsiala.* Sedimentological processes and evolution of marine ecosystems under marine periglacial conditions. Apatity: KNTs RAN, 2001: 111–120. [In Russian].
47. *Novichkova E.A.* *Postlednikovaya istoriya razvitiya Belogo morya po materialam izucheniya vodnykh i nazemnykh palinomorf.* Postglacial history of the development of the White Sea according to the materials of the study of aquatic and terrestrial palynomorphs. PhD thesis. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2008: 24 p. [In Russian].
48. *Paleopalynologiya.* Paleopalynology. *Pokrovskaya I.M.* (Ed.) Leningrad: Nedra, 1966, 1: 351 p. [In Russian].
49. *Stockmarr J.* Tablets spores used in absolute pollen analysis. *Pollen Spores.* 1971, 13: 616–621.
50. *Kupriyanova L.A., Aleshina L.A.* *Pyl'tsa dvudol'nykh flory Evropeiskoi chasti SSSR.* Pollen of dicotyledons from the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka, 1972: 438 p. [In Russian].
51. *Beug H.J.* *Leitfaden der Pollenbestimmung.* Munchen: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2004: 542 p.
52. *Reille M.* *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord.* Marseille: Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, 1992: 520 p.
53. *PalDat* — Palynological Database an online publication on recent pollen. Available at: <http://www.paldat.org/> (accessed 17.10.2021).
54. *Grimm E.C.* *TILIA 2.0 Version b.4* (Computer Software). Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 1993.
55. *Grimm E.C.* *TGView.* Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 2004.
56. *Devyatova E.I., Raukas A.V., Raiamyae R.A., Khyutt G.I.* Upper Pleistocene Pas'va section (Vaga River, Arkhangelsk region) and its stratigraphic significance. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda.* Bulletin of the Quaternary period commission. 1981, 51: 38–50. [In Russian].
57. *Cheddadi R., Mamakowa K., Guiot J., de Beaulieu J.-L., Reille M., Andrieu V., Granoszewski W., Peyron O.* Was the climate of the Eemian stable? A quantitative climate reconstruction from seven European pollen records. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* 1998, 143: 73–85. doi: 10.1016/S0031-0182(98)00067-4.
58. *Mamakowa K.* Late Middle Polish glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wroclaw and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland. *Acta Palaeobotanica.* 1989, 29: 11–176.
59. *Bolikhovskaya N.S., Molod'kov A.N.* Periodization, correlation and absolute age of warm and cold epochs of the last 200 thousand years. *Problemy paleogeografii i stratigrafii pleistotsena.* Problems of Paleogeography and Stratigraphy of the Pleistocene. Moscow: MSU, 2008, 3: 45–64. [In Russian].
60. *Raukas A.* Eemian interglacial record in the northwestern European part of the Soviet Union. *Quat. Int.* 1991, 10–12: 183–189. doi: 10.1016/1040-6182(91)90051-O.
61. *Kondratene O.* *Stratigrafiya i paleogeografiya kvartera Litvy po paleobotanicheskim dannym.* Stratigraphy and paleogeography of the Lithuanian Quaternary according to paleobotanical data. Vilnius: Academia, 1996: 213 p. [In Russian].

62. *Lijvrand E.* Suur-Prangly section as the regional stratotype of the Eemian marine deposits. *Izvestija Akademii Nauk Estonskoi SSR, ser. Geol.* 1987, 36: 20–26.
63. *Lijvrand E.* Problematic Snaigupele interglacial as a misleading factor in stratigraphical reconstruction and Climate. Abstract Volume of the INQUA-SEQS Symposium: 104. Geological Survey of Lithuania. Vilnius, 1997: 104.
64. *Zagwijn W.H.* Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part 1: Eemian and Early Weichselian. *Mededelingen Geologische Stichting Nieuwe* 1961, Serie 14: 15–45.
65. *Pleshivtseva E.S., Grib V.P.* About the stratigraphy of Quaternary deposits in the lower flow of the Northern Dvina River. *Doklady po geomorfologii i paleogeografii severo-zapada evropeiskoi chasti SSSR.* Papers on geomorphology and paleogeography of the northwest of the European part of the USSR. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1965, 2 (1): 7–34. [In Russian].
66. *Novenko E.Y., Seifert-Eulen M., Boettger T., Junge F.W.* Eemian and Early Weichselian vegetation and climate history in Central Europe: A case study from the Klinge section (Lusatia, Germany). *Review of Palaeobotany and Palynology.* 2008, 151: 72–78. doi: 10.1016/j.revpalbo.2008.02.005.
67. *Velichko A.A.* Late Pleistocene spatial paleoclimatic reconstructions. *Late Quaternary Environments of the Soviet Union* (Velichko, A.A. Ed.). London: Longman, 1984: 261–285.
68. *Velichko A.A., Borisova O.K., Zelikson E.M.* Paradoxes of the Last Interglacial climate: reconstruction of the northern Eurasia climate based on palaeofloristic data. *Boreas.* 2008, 37: 1–19. doi: 10.1111/j.1502-3885.2007.00001.x.