

РАННИЙ ГОЛОЦЕН – ВРЕМЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ (РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

© 2026 г. Н. Н. Нарышкина^{1, *}, О. К. Борисова^{1, **}

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

*E-mail: naryshkina@igras.ru

** E-mail: olgakborisova@gmail.com

Поступила в редакцию 22.08.2025

После доработки 08.10.2025

Принята к публикации 05.11.2025

Аннотация. Основные этапы развития растительности в позднеледниковье и раннем голоцене реконструированы по данным палинологических исследований разреза SP-2 (оз. Селигер) с разрешением повремени менее 80 лет и их сопоставления с данными по 9 разрезам, расположенным на сопредельных территориях. Первый этап формирования лесных сообществ из холодостойких и экологически пластичных пород (ели, сосны и березы) начался в условиях прохладного континентального климата в аллерёде, когда леса занимали наиболее защищенные местообитания в окружении перигляциально-степной растительности. Похолодание в позднем дриасе сопровождалось повышением континентальности и иссушением климата, что привело к сокращению доли лесов. Ведущую роль ели в лесных фитоценозах позднеледниковья можно объяснить наличием многолетней мерзлоты. Новый этап расширения березовых и сосновых лесов был связан с быстрым потеплением на переходе от позднеледниковья к голоцену. Их состав стал более разнообразным при сокращении роли ели. Началось проникновение широколиственных древесных пород в средние широты Восточно-Европейской равнины. Разнообразие пыльцы трав при участии ксерофитов и криофитов указывает на сохранение участков перигляциальной растительности в раннем пребореале. Похолодание около 11.4 тыс. калибр. л. н. (т. н. пребореальная осцилляция) на короткое время прервало или замедлило распространение березовых и сосновых лесов и вызвало новое расширение площади пространств, занятых безлесными сообществами. В начале позднего пребореала потепление возобновилось и продолжалось в течение раннего бореала, вызвав новую экспансию березовых и сосновых формаций, расселение ели и внедрение широколиственных пород в состав лесов. Березняки в это время были близки к современным предлессовым березовым лесам Южного Урала. Обогащение видового состава лесных, луговых, прибрежно-водных и водных сообществ отражает смягчение континентальности климата. Кратковременное похолодание около 9.3 тыс. л. н. не вызвало существенных изменений в составе растительных сообществ. В позднем бореале залесенность территории достигла максимума при дальнейшем увеличении доли еловых, широколиственных и ольховых лесов в растительном покрове. Описанные изменения отражают теплые климатические условия, снижение континентальности климата и повышение увлажнения в конце раннего голоцена. К этому времени в средней полосе Восточно-Европейской равнины сформировались смешанные широколиственно-хвойные леса, близкие по составу к современным.

Ключевые слова: динамика растительности; короткопериодные изменения климата; аллерёд; поздний дриас; пребореал; бореал

Финансирование. Статья подготовлена по теме Государственного задания ИГ РАН № FMWS-2026-0004.

Ссылка для цитирования: Нарышкина Н. Н., Борисова О. К. (2026) Ранний голоцен – время формирования лесной зоны в средней полосе Восточно-Европейской равнины (реконструкция по палинологическим данным). *Геоморфология и палеогеография*. Т. 57. № 1. С. 172–192.

<https://doi.org/10.7868/S2949179726010095>

EARLY HOLOCENE – THE TIME OF THE FOREST ZONE FORMATION IN THE MIDDLE LATITUDES OF THE EAST EUROPEAN PLAIN (BASED ON PALYNOLOGICAL STUDIES)

N. N. Naryshkina^{a, #} and O. K. Borisova^{b, ##}

^a*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: naryshkina@igras.ru*

^{##}*E-mail: olgakborisova@gmail.com*

Received August 22, 2025

Revised October 08, 2025

Accepted November 05, 2025

Abstract. The main stages of vegetation development in the Late Glacial and Early Holocene are reconstructed based on the data of palynological studies of the SP-2 section (Lake Seliger) with a time resolution of less than 80 years and their comparison with data from nine sections located in adjacent territories. The first stage of the formation of forest communities from cold-resistant hardy species (spruce, pine and birch) began in the conditions of a cool continental climate in Allerød, when forests occupied the most protected habitats surrounded by periglacial-steppe vegetation. The cooling in the Younger Dryas was accompanied by an increase in continentality and dryness of climate, which led to a reduction in the proportion of forests. The leading role of spruce in forest communities of the Late Glacial can be explained by the presence of permafrost. A new stage of expansion of birch and pine forests was associated with rapid warming during the transition from the Late Glacial to the Holocene. Forest composition became more diverse, while the proportion of spruce decreased. The penetration of broad-leaved tree species into the middle latitudes of the East European Plain began. The diversity of herbaceous pollen and presence of xerophytes and cryophytes indicate the preservation of areas of periglacial vegetation in the Early Preboreal. A cooling at about 11.4 ka BP (the so-called Preboreal Oscillation) briefly interrupted or slowed the spread of birch and pine forests and caused a new expansion of herbaceous vegetation. At the beginning of the Late Preboreal, warming resumed and continued throughout the Early Boreal, causing a new expansion of birch and pine formations, the spread of spruce and the introduction of broad-leaved species into the forests. The birch forests at that time were similar to the modern forest-steppe birch forests in the Southern Urals. The increase in species diversity of forest, meadow, riverine and aquatic communities reflect the amelioration of the climate continentality. A short-term cooling at about 9.3 ka BP did not cause significant changes in the composition of plant communities. In the Late Boreal, the forests in the area reached their maximum spread and density with a further increase in the share of spruce, broad-leaved and alder forests in the vegetation cover. The described changes reflect warm climatic conditions, a decrease in the continentality and an increase in humidity of the climate at the end of the Early Holocene. By this time, mixed broadleaf-coniferous forests similar to the modern ones formed in the middle latitudes of the East European Plain.

Keywords: vegetation dynamics; short-term climate changes; Allerød; Late Dryas; Preboreal; Boreal

Funding. This research was funded by State Assignment FMWS-2026-0004 of the Institute of Geography RAS.

For citation: Naryshkina N. N. and Borisova O. K. (2026) Early Holocene – the time of the forest zone formation in the middle latitudes of the East European Plain (based on palynological studies). *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. Vol. 57. No. 1. P. 172–192 (in Russ). <https://doi.org/10.7868/S2949179726010095>

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследования изотопного состава кислорода по ледяным кернам из Гренландии (Rasmussen et al., 2006, 2014) показали, что около 11.7 тыс. л. н. чередование контрастных климатических фаз, происходившее в течение позднеледниковья, завершилось быстрым потеплением с ростом среднегодовой температуры порядка $10 \pm 4^\circ\text{C}$ приблизительно за 50 лет (Grachev et al., 2005; Rasmussen et al., 2014). Это потепление соответствует нижней границе голоцена — переходу от позднего дриаса к пребореалу, когда в умеренных широтах континентов произошла наиболее глубокая трансформация растительности и экосистем в целом. После теплой начальной фазы раннего пребореала, длившейся около 300 лет, произошло 200-летнее похолодание (так называемая пребореальная осцилляция — ПБО, 11.4–11.2 тыс. л. н.) (Rasmussen et al., 2006, 2007), за которым последовало новое потепление, когда температура воздуха в Гренландии за несколько десятилетий повысилась еще на $4 \pm 1.5^\circ\text{C}$ (Kobashi et al., 2008). Начиная с середины пребореала процесс потепления замедлился и стал более устойчивым. Тем не менее, в раннем голоцене выделяются также кратковременные похолодания около 9.3 тыс. л. н. и около 8.2 тыс. л. н. (Rasmussen et al., 2006; Fleitmann et al., 2008). По последнему холодному эпизоду в настоящее время проводится граница между ранним и средним голоценом (Walker et al., 2012). Все перечисленные климатические события датированы путем подсчетов годовичных слоев льда в кернах с Гренландского ледникового щита (Kobashi et al., 2008; Fleitmann et al., 2008; Rasmussen et al., 2014). По продолжительности и амплитудам короткопериодные похолодания раннего голоцена значительно уступали осцилляциям позднеледниковья.

Важнейшими источниками информации о климатических изменениях в этот период на территории суши служат данные комплексных исследований озерных и болотных осадков, характеризующихся устойчивым непрерывным накоплением в позднеледниковье—раннем голоцене и пригодных для подробного радиоуглеродного датирования. Одним из основных инструментов для реконструкций растительности и климата традиционно служит спорово-пыльцевой анализ.

Первое крупное обобщение палинологических данных по голоцену для территории Восточно-Европейской равнины (ВЕР) было создано М. И. Нейштадтом (1957), который выделил хроностратиграфический этап раннего голоцена, включающий в себя “начальное улучшение климата” и бореал. В основу предложенного М. И. Нейштадтом подразделения голоцена была положена

средняя пыльцевая диаграмма по торфяникам Ярославской области, которую он назвал “диаграммой среднерусского типа”. По характерной последовательности изменений процентного соотношения пыльцы деревьев на этой диаграмме раннему голоцену (9800–7700 л. н.) соответствуют три пыльцевые зоны (ПЗ) с господством пыльцы березы и сосны в разных соотношениях. В нижней из трех ПЗ в небольшом количестве присутствует пыльца ели, а в верхней отмечается примесь пыльцы широколиственных пород. Оценки длительности основных этапов голоцена были основаны на хронологии, разработанной для Скандинавии и Северной Европы путем подсчетов годовичных слоев озерно-ледниковых отложений (ленточных глин), и на корреляции пыльцевых диаграмм со стадиями развития пра-Балтийских бассейнов. Таким образом, по данным пыльцевого анализа торфа и подстилающих его озерных отложений была впервые реконструирована последовательность смены доминантов лесных формаций в средней полосе ВЕР в раннем голоцене. В. П. Гричук (1961) предложил обобщить последовательность ПЗ, выделенных М. И. Нейштадтом, путем объединения зон, имеющих промежуточный характер, с соседними ПЗ и выделять в пределах раннего голоцена две ПЗ — зону сосны (Н1) и зону березы (Н2). При этом для палеогеографических реконструкций и межрегиональных корреляций он считал целесообразным использование наиболее полных и типичных пыльцевых диаграмм, полученных по конкретным разрезам, а не средних пыльцевых диаграмм по регионам (Гричук, 1961).

Начиная с 1960-х гг., применение радиоуглеродного датирования позволило создать единую хронологическую основу для палеогеографических реконструкций по палинологическим данным. Новым обобщением палинологических данных на этом этапе стала монография Н. А. Хотинского “Голоцен северной Евразии” (1977), в которой при расчленении голоцена автор принял за основу североевропейскую климато-биостратиграфическую схему Блитта-Сернандера, адаптированную им для региональных условий и соотношенную с радиоуглеродной хронологией. Следуя за палиностратиграфическими построениями Т. Нильсона и В. Андерсена по торфяникам Скандинавии, Н. А. Хотинский (1977) впервые для территории России выделил пребореальный этап раннего голоцена. Как основу для реконструкции изменений растительности и климата в центральной части ВЕР Н. А. Хотинский, как и М. И. Нейштадт, использовал палинологические данные по торфяникам из Переславль-Усольской группы болот.

В качестве опорного разреза для спорово-пыльцевого анализа был выбран разрез торфяника Половецко-Купанское, в позднеледниковой части которого были получены две ^{14}C датировки. По изменениям содержания пыльцы кустарниковых берез в этом разрезе Н. А. Хотинский выделил внутри пребореала два этапа – ранний, более теплый (т. н. половецкое потепление), и поздний, более холодный (переславское похолодание). Как и М. И. Нейштадт (1957), Н. А. Хотинский (1977) пришел к выводу, что бореал в средней полосе ВЕР характеризовался господством сосняков и березняков, с участием еловых лесов в начале периода и появлением широколиственных лесов из вяза и липы во второй его половине. В течение бореала происходило быстрое потепление при относительно сухих климатических условиях в начале интервала и повышении увлажнения в его конце (Хотинский, 1977).

При дальнейшем изучении разреза Половецко-Купанское (Хотинский и др., 1991) была получена серия из 14 радиоуглеродных дат, причем одна из них пришлась на нижнюю границу голоцена и еще одна – на границу бореала и атлантика, так что в этом разрезе были впервые установлены хронологические рамки раннего голоцена. На основе новых палинологических и геохронологических данных авторы статьи предложили подразделить бореальный период на три фазы: раннебореальное похолодание – ВО-1, 8900–9300 ^{14}C л. н.; среднебореальное термический максимум – ВО-2, 8300–8900 ^{14}C л. н. и позднебореальное похолодание – ВО-3, ^{14}C 8000–8300 л. н. (Хотинский и др., 1991, с. 37); здесь, как и в цитированной статье, указан некалиброванный ^{14}C возраст). Такое подразделение бореала представляется нам недостаточно обоснованным и даже противоречивым: получается, что раннебореальное похолодание следовало непосредственно за переславским похолоданием пребореала и продолжало его; таким образом, начало бореала оказывается холоднее второй половины пребореала. Выделение же позднебореального похолодания противоречит данным о повсеместном распространении широколиственных пород в лесах этого времени.

В последующие годы в центральных районах ВЕР было проведено значительное количество палинологических, седиментологических и геохронологических исследований с более высоким разрешением по времени (Зерницкая и др., 2001; Kremenetski et al., 2000; Wohlfarth et al., 2007; Novik et al., 2010; Novenko et al., 2015; и др.), включая и работы с участием авторов (Константинов и др., 2021; Борисова и др., 2022; Borisova et al., 2024). Тем не менее, повсеместно установленные для

отложений раннего голоцена однотипные “сосново-березовые” пыльцевые спектры, маскирующие возможные следы короткопериодных изменений растительности и климата, происходивших на общем фоне потепления, не пробуждали интереса к этому периоду. В связи с этим ранний голоцен в целом, и бореал в особенности, в средней полосе ВЕР до настоящего времени является наиболее слабо изученным этапом современного межледникового, а его внутренняя структура остается практически не исследованной. Целью настоящего исследования является подробная реконструкция изменений растительности раннего голоцена в ответ на колебания климата на основе спорово-пыльцевого анализа отложений с высоким разрешением по времени.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является разрез донных отложений оз. Селигер, вскрытых скважиной SP-2 в южной части Селижаровского плёса озера (57°02' с. ш., 33°18' в. д., 205 м над у. м.) (Константинов и др., 2021) (рис. 1). Результаты комплексного литостратиграфического анализа (данные по строению озерных отложений, магнитной восприимчивости и потерям при прокаливании) по этому разрезу опубликованы ранее в статье (Константинов и др., 2021). Возрастная модель осадконакопления построена на основе серии из 7 радиоуглеродных AMS дат (Борисова и др., 2022). Шкала калиброванного возраста, показанная на пыльцевых диаграммах по разрезу SP-2, и оценки возраста границ локальных пыльцевых зон (ЛПЗ), приведенные в табл. 1, основаны этой модели. В разрезе SP-2 мощность озерных отложений, накопившихся в пребореале, составляет 75 см, в бореале – 125 см (Константинов и др., 2021; Борисова и др., 2022).

При подготовке препаратов для спорово-пыльцевого анализа была использована сепарационная методика В. П. Гричука (Гричук, Заклинская, 1948). В качестве тяжелой жидкости (плотность 2.25 г/см³) использовался ГПС-В (водный раствор гетерополивольфрамата натрия). Ацетализ проводился с применением пропионового ангидрида и концентрированной серной кислоты (Мазей, Новенко, 2021). Для обеспечения статистически достоверного представления о спорово-пыльцевых спектрах в каждом образце насчитывалось 500–600 пыльцевых зерен. Процентное содержание каждого таксона рассчитано от общей суммы пыльцы наземных растений: пыльца деревьев и кустарников (Arboreal Pollen – AP) + пыльца трав и кустарничков (Non-Arboreal Pollen – NAP). Спорово-пыльцевые диаграммы построены в программах TILIA,

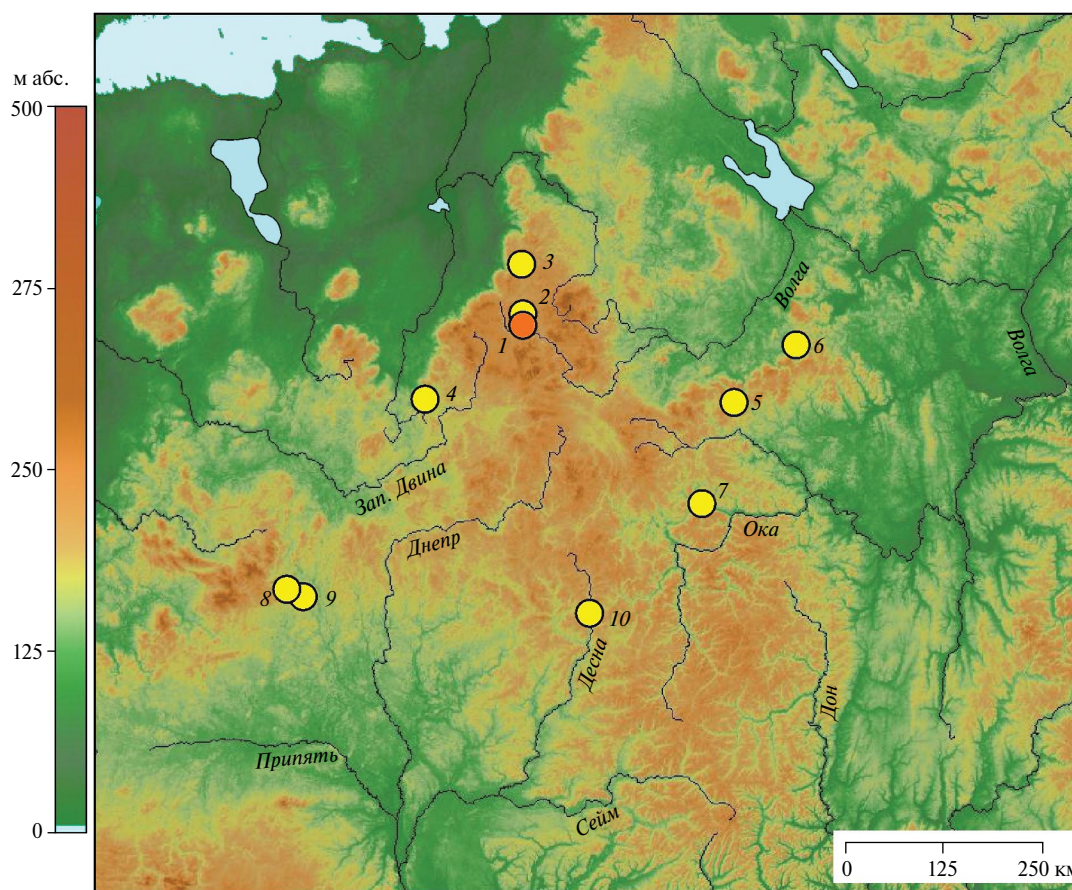


Рис. 1. Положение опорного разреза и разрезов, использованных для сравнений. Источник картографической основы — цифровая модель рельефа SRTM.

1 — оз. Селигер, скв. SP-2; 2 — оз. Черное на о-ве Хачин (Sapelko et al., 2022); 3 — оз. Теребенское (Wohlfarth et al., 2007); 4 — болото Змеиное (Tarasov et al., 2022); 5 — оз. Долгое (Kremenetski et al., 2000; Borisova et al., 2024); 6 — болото Половецко-Купанское (Хотинский и др., 1991); 7 — р. Протва, скв. PR-10 (Борисова и др., 2022; Borisova et al., 2024); 8 — оз. Великое (Stančikaitė et al., 2022); 9 — оз. Судобле (Novik et al., 2010); 10 — Сельцо (Borisova et al., 2024).

Fig. 1. Position of key section and sections used for comparison. Elevation map of the research area: digital elevation model SRTM.

1 — Lake Seliger, core SP-2; 2 — Lake Chernoye on Khachin Island (Sapelko et al., 2022); 3 — Lake Terebenskoye (Wohlfarth et al., 2007); 4 — Zmeinoye Mire (Tarasov et al., 2022); 5 — Lake Dolgoye (Kremenetski et al., 2000, Borisova et al., 2024); 6 — Polovetsko-Kupanskoye Mire (Khotinski et al., 1991); 7 — Protva River, core PR-10 (Borisova et al., 2022, 2024); 8 — Lake Velikoye (Stančikaitė et al., 2022); 9 — Lake Sudoble (Novik et al., 2010); 10 — Seltso (Borisova et al., 2024).

TILIA*GRAPH и TGView (Grimm, 1990, 2004). Статистическое сходство пыльцевых спектров для определения границ и иерархии локальных пыльцевых зон (ЛПЗ) определено при помощи кластерного анализа в программе CONISS (Grimm, 1987). Для расчета концентраций пыльцы (КП) в осадке перед началом лабораторной обработки в каждый образец определенного объема (1 см³) добавлялась одна таблетка специально подготовленных спор *Lycopodium* (Stockmarr, 1971). По изменениям КП и полученной модели “глубина—возраст” были рассчитаны также изменения удельных скоростей аккумуляции (УСА) пыльцы основных древесных пород. Для повышения временного разрешения

палинологических данных по разрезу SP-2 в дополнение к пилотной серии (Константинов и др., 2021) количество образцов из осадков раннего голоцена было удвоено, так что на ранний голоцен пришлось 40 образцов с интервалом опробования 5 см (15 образцов из осадков пребореала и 25 — бореала), в результате чего достигнутое разрешение по времени составило <80 лет.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований находится в краевой зоне последнего (поздневалдайского) оледенения,

Таблица 1. Основные палинологические характеристики позднеледниковых и раннеголоценовых отложений оз. Селигер по скв. SP-2.

Table 1. Main palynological characteristics of the Lateglacial and Early Holocene deposits of Lake Seliger based on core SP-2.

ЛПЗ Глубина, см	Калиброванный возраст, тыс. л. н.	Описание
ЛПЗ 1 (464)–450 см	(14.5)–14.0	АР составляет 65% от общей суммы пыльцы, представлена в основном <i>Pinus</i> (40%) и <i>Betula</i> (18%); пыльца <i>Picea</i> составляет <5%. Доля NAP 35%; наиболее обильны Сурегасеае и <i>Artemisia</i> . Споры представлены <i>Equisetum</i> , <i>Lycopodium</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> . КП <i>Pinus</i> составляет 14–26 тыс./см ³ , <i>Betula</i> – 6–11 тыс./см ³ , Сурегасеае – 3–10 тыс./см ³ , <i>Artemisia</i> – 3–4 тыс./см ³ , Chenopodiaceae – 1–5 тыс./см ³ .
ЛПЗ 2 450–405 см	14.0–12.7	Доля АР 55–80% спектров, в том числе <i>Picea</i> 25–45%; <i>Pinus</i> до 40%, <i>Betula</i> около 20%. Содержание NAP неравномерно: от 20% до 55% спектров, в основном за счет <i>Artemisia</i> (до 20%), Сурегасеае (до 10%) и Chenopodiaceae (до 5%). Определена пыльца <i>Hippophae</i> , <i>Ephedra</i> , <i>Helianthemum</i> . КП деревьев возрастают вверх по разрезу: <i>Picea</i> до 185 тыс./см ³ , <i>Pinus</i> до 100–200 тыс./см ³ , <i>Betula</i> до 40 тыс./см ³ . КП NAP более устойчивы: Сурегасеае 5–20 тыс./см ³ , <i>Artemisia</i> 5–35 тыс./см ³ . УСА <i>Picea</i> до 7–8 тыс. зерен на 1 см ² в год, <i>Pinus</i> до 5–10 тыс. зерен на 1 см ² в год, <i>Betula</i> – до 3–5 тыс. зерен на 1 см ² в год.
ЛПЗ 3а 405–350 см	12.7–11.7	Доля АР около 85% спектров, в том числе <i>Betula</i> до 80%, <i>Pinus</i> до 10–20%. Доля <i>Picea</i> резко сокращается (до 5%), как и ее КП (до 6–8 тыс./см ³). Заметно присутствие пыльцы <i>Corylus</i> и <i>Salix</i> (до 5%). Доля NAP снижается до 10–15%, в основном за счет сокращения <i>Artemisia</i> и Сурегасеае до 3–5% спектра. КП <i>Pinus</i> 27–160 тыс./см ³ , УСА 5–10 тыс. зерен на 1 см ² в год. КП <i>Betula</i> возрастает с 82 в основании ЛПЗ до 600 тыс./см ³ и более, УСА – с 5 до 80 тыс. зерен на 1 см ² в год. КП Сурегасеае и <i>Artemisia</i> колеблются в интервалах 5–30 тыс./см ³ и 10–30 тыс./см ³ соответственно. КП Chenopodiaceae достигают 8–10 тыс./см ³ . КП Роасеае возрастают с 5–10 до 30–40 тыс./см ³ .
ЛПЗ 3б 350–317 см	11.7–11.2	Содержание <i>Betula</i> 70–85% спектров; <i>Pinus</i> около 20% в нижней части подзоны и 5–8% в верхней части. Доля NAP около 10% в основании и до 12–16% вблизи верхней границы ЛПЗ. КП <i>Betula</i> достигают 1000–2500 тыс./см ³ , <i>Pinus</i> 300–600 тыс./см ³ ; КП <i>Salix</i> наибольшие по разрезу – 20–30 тыс./см ³ . Около верхней границы подзоны КП всех основных таксонов резко снижаются. УСА <i>Pinus</i> достигают 20–35 тыс. зерен на 1 см ² в год, <i>Betula</i> 80–140 тыс. зерен на 1 см ² в год и снижаются на порядок около верхней границы ЛПЗ.
ЛПЗ 3с 317–275 см	11.2–10.5	Пыльца <i>Pinus</i> составляет 25–30% спектров, <i>Betula</i> 50–70%, <i>Ulmus</i> до 5%. NAP составляет 7–10% при высоком таксономическом разнообразии. Из водных растений найдена пыльца <i>Nymphaea</i> , <i>Nuphar</i> , <i>Myriophyllum</i> , <i>Potamogeton</i> . Споры представлены <i>Sphagnum</i> , <i>Equisetum</i> , <i>Lycopodium</i> , Polypodiaceae. КП вновь возрастают: <i>Betula</i> до 800–1000 тыс./см ³ , <i>Pinus</i> до 200–300 тыс./см ³ ; Постоянно присутствует пыльца <i>Ulmus</i> – 30–50 тыс./см ³ . УСА <i>Betula</i> колеблются в тех же пределах, что и в ЛПЗ 3б; УСА <i>Pinus</i> неустойчивы, но в целом возрастают; УСА <i>Picea</i> повышаются до 1–1.5 тыс. зерен на 1 см ² .

Таблица 1. Окончание

Table 1. End

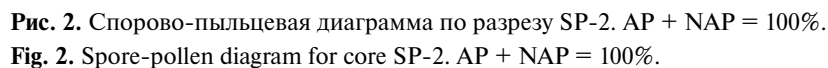
ЛПЗ Глубина, см	Калиброванный возраст, тыс. л. н.	Описание
ЛПЗ 4а 275–210 см	10.5–9.5	Пыльца <i>Betula</i> составляет 45–70%, <i>Pinus</i> 20–30%, <i>Picea</i> 5–7%, <i>Ulmus</i> до 8% спектра. Присутствует пыльца <i>Quercus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Acer</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Viburnum</i> , <i>Rhamnus</i> , <i>Lonicera</i> . Содержание NAP около 10%. Споры представлены Polypodiaceae, <i>Sphagnum</i> , <i>Equisetum</i> , <i>Lycopodium</i> . Состав пыльцы водных растений близок к ЛПЗ 3с. КП <i>Betula</i> 500–1300 тыс./см ³ , <i>Pinus</i> 60–600 тыс./см ³ и <i>Ulmus</i> 20–70 тыс./см ³ . КП <i>Picea</i> в верхней части ЛПЗ достигают 140 тыс./см ³ . УСА <i>Betula</i> снижаются в среднем с 60–70 тыс. зерен на 1 см ² в год в основании подзоны до 30–50 тыс. зерен на 1 см ² в год в ее верхней части. УСА <i>Pinus</i> 10–30 тыс. зерен на 1 см ² в год. В верхней части подзоны УСА пыльцы <i>Picea</i> возрастают до 6–8 тыс. зерен на 1 см ² в год.
ЛПЗ 4б 210–150 см	9.5–8.7	Доля AP 90–95% спектра, в том числе <i>Betula</i> 40–70%, <i>Pinus</i> 10–30%, <i>Picea</i> 5–15%, <i>Alnus</i> до 8%. Разнообразие NAP значительно ниже, чем в ЛПЗ 4а. КП <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> и <i>Ulmus</i> , низкие в основании подзоны, выше вновь возрастают до уровня ЛПЗ 4а. КП <i>Picea</i> , <i>Alnus</i> и <i>Quercus</i> возрастают до 150–250 тыс./см ³ , 100–140 тыс./см ³ и 40–50 тыс./см ³ соответственно. УСА пыльцы <i>Betula</i> и <i>Pinus</i> снижаются по сравнению с ЛПЗ 4а: около 30 тыс. зерен на 1 см ² в год и 5–15 тыс. зерен на 1 см ² в год соответственно; УСА <i>Picea</i> возрастают с 2–3 до 6–8 тыс. зерен на 1 см ² в год.
ЛПЗ 4с 150–125 см	8.7–8.2	Доля AP 90–95% спектра. Содержание <i>Betula</i> снижается до 35–38% спектра; доля <i>Pinus</i> и <i>Picea</i> остается на прежнем уровне; доля пыльцы <i>Ulmus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Corylus</i> увеличивается; доля <i>Alnus</i> возрастает (до 12%). КП и УСА пыльцы древесных пород близки к показателям в подзоне 4б.

в пределах Валдайской возвышенности. Ландшафт водосборного бассейна оз. Селигер сочетает в себе ледниковые и водно-ледниковые формы рельефа и отложения. Климат региона умеренно-континентальный. По данным метеостанции, расположенной в г. Осташков, средняя температура января –8.6°С, июля – 17.5°С. Среднегодовая температура составляет +4.5°С, годовое количество осадков – 687 мм (<http://meteo.ru/data>). Территория относится к подзоне подтаежных смешанных широколиственно-хвойных лесов (Физико-географический ..., 1964). Для холмистых водоразделов характерны еловые леса с участием таких широколиственных пород, как *Tilia cordata*, *Quercus robur* и *Ulmus glabra*; на песчаных отложениях произрастают сосновые леса из *Pinus sylvestris*. Дубовые леса встречаются довольно редко. Широко распространены мелколиственные вторичные березовые леса (*Betula pendula*, *B. pubescens*), осиновые (*Populus tremula*) и сероольховые (*Alnus incana*) леса и болота разных типов, среди которых преобладают верховые (Растительность..., 1980).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По изменениям в составе пыльцевых спектров в разрезе SP-2 выделено пять ЛПЗ (рис. 2). Основные характеристики пыльцевых спектров, КП и УСА для каждой ЛПЗ приведены в табл. 1. Полученные данные позволяют выделить несколько этапов наиболее существенных изменений, соответствующих границам ЛПЗ и положению максимумов содержаний пыльцы и спор различных таксонов.

Высокие содержания NAP (35%) в ЛПЗ 1, сопоставляемой со средним дриасом, указывают на широкое развитие открытых травянистых (полюнно-злаковых) сообществ (табл. 1, рис. 2). О значительном участии маревых в составе растительности свидетельствуют относительно высокие КП Chenopodiaceae (рис. 3). Пыльца Сурегасеae составляет до 15% спектров при концентрациях до 10 тыс./см³, что можно объяснить распространением влажных лугов и травяных болот по берегам озера. AP представлена в основном *Betula* и *Pinus*. Наиболее низкие для всего разреза КП этих



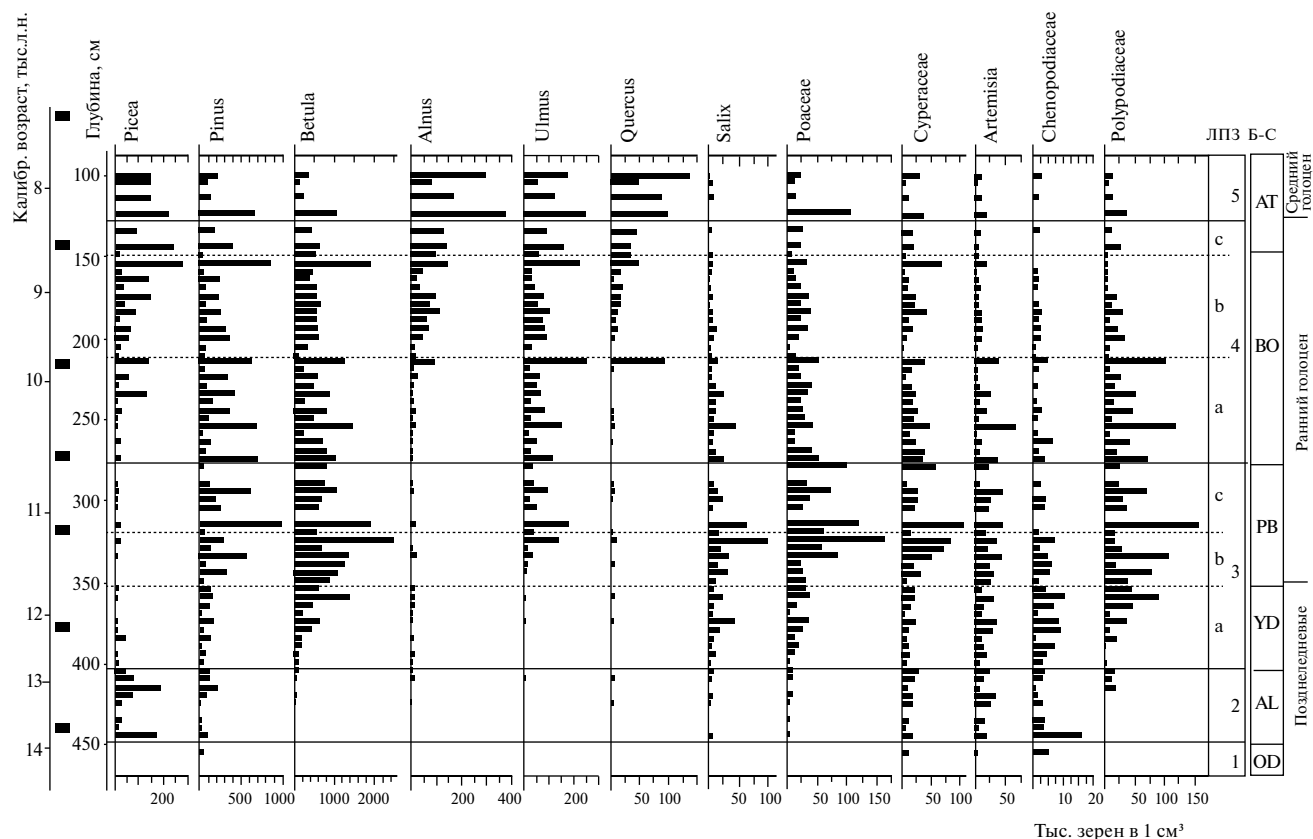


Рис. 3. Изменения концентраций пыльцы и спор основных таксонов в разрезе SP-2.

Fig. 3. Changes in pollen and spore concentrations of the main taxa in core SP-2.

ветроопыляемых деревьев с высокой летучестью пыльцы отражают ограниченную ландшафтную роль древесной растительности. Присутствие спор типичного криофита *Selaginella selaginoides* говорит о холодных климатических условиях стадиала.

В ЛПЗ 2, соответствующей интерстадиалу аллерд, в группе AP доминирует пыльца *Picea*, *Pinus* и *Betula*. Процентные содержания пыльцы *Picea* здесь максимальны для всего разреза (до 45% спектра) (рис. 2). КП ели нестабильны, но в целом увеличиваются вверх по разрезу, достигая 185 тыс./см³ вблизи верхней границы ЛПЗ. КП пыльцы сосны и березы существенно возрастают по сравнению с ЛПЗ 1, причем УСА пыльцы *Pinus* достигают приблизительно тех же значений, что и УСА *Picea* (рис. 4). Высокая доля NAP в составе спектров, включая *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, свидетельствует о сохранении обширных участков перигляциально-степной растительности.

Значительные изменения в составе пыльцевых спектров прослеживаются на рубеже ЛПЗ 2 и 3, соответствующей границе аллерда и позднего дриаса (рис. 2). Содержания пыльцы *Picea* здесь падают

с 35 до 5% спектра, а ее КП уменьшаются на порядок величины (табл. 1, рис. 3). Доля пыльцы *Pinus* на этом рубеже также сокращается почти в два раза, а доля пыльцы *Betula* увеличивается в три раза. Соотношение AP/NAP изменяется в сторону преобладания пыльцы деревьев и кустарников. В ЛПЗ 3а постоянно присутствует пыльца *Ephedra*, *Thalictrum*, *Cichoriaceae*, *Ariaceae*, *Caryophyllaceae* и ряда водных растений (*Myriophyllum*, *Nymphaea*, *Nuphar*), а также листовые шипики *Ceratophyllum*. Доля пыльцы *Artemisia* и *Cyperaceae* в спектрах значительно сокращается, однако, концентрации их пыльцы в ЛПЗ 3а, соответствующей по времени позднему дриасу, остаются близкими к отмеченным в ЛПЗ 2. КП *Chenopodiaceae* в ЛПЗ 3а достигают максимума для всего разреза, а КП *Poaceae* возрастают почти в три раза по сравнению с ЛПЗ 2 (табл. 1, рис. 3). КП *Pinus* в ЛПЗ 3а изменяются слабо, в то время как КП *Betula* увеличиваются на порядок величины, и их рост продолжается в ЛПЗ 3б, т.е. до середины пребореала (рис. 3). УСА пыльцы *Pinus* демонстрируют небольшой спад в ЛПЗ 3а, а затем подъем до 10 тыс. зерен на см² в год, тогда

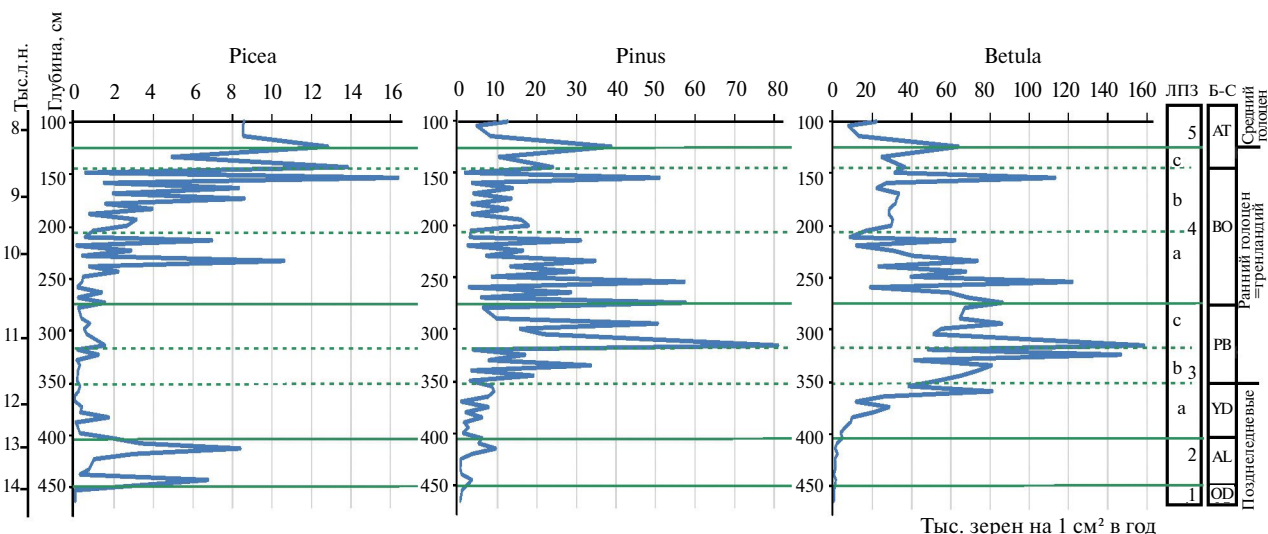


Рис. 4. Изменения удельных скоростей аккумуляции пыльцы основных древесных пород в разрезе SP-2.
Fig. 4. Changes in the specific rates of pollen accumulation of the main tree species in core SP-2.

как УСА пыльники *Betula* резко возрастают с 5 до 80 тыс. зерен на см² в год (рис. 4).

На границе ЛПЗ 3а и 3б, соответствующей нижней границе голоцена, резких изменений в составе пыльцевых спектров не происходит: доля AP, как и в ЛПЗ 3а, составляет 85–90%. Доля пыльцы *Betula* в основании ЛПЗ 3б достигает максимума для всего разреза (85%), а выше вновь снижается до 65–70%. Пыльца *Pinus* составляет около 20%. Доля NAP в ЛПЗ 3б ниже, чем в ЛПЗ 3а, однако таксономическое разнообразие пыльцы разнотравья выше (здесь определена пыльца растений из более чем 25 семейств и родов). Постоянно встречается пыльца Cichoriaceae, Brassicaceae, Apiaceae, Fabaceae, Caryophyllaceae и единично – *Hippophae*, *Ephedra*, Ericales. Более значительные изменения прослеживаются на графиках КП и УСА (рис. 3, 4). Так, КП и *Betula*, и *Pinus* в пределах ЛПЗ 3б возрастают на порядок величины, причем в основании подзоны КП березы увеличиваются быстрее, чем КП сосны, что и приводит к формированию максимума пыльцы *Betula* в спектрах в этой подзоне (рис. 2). Вблизи верхней границы ЛПЗ 3б доля пыльцы *Pinus* падает до 5–8%, а доля NAP в спектрах возрастает до 12–16%, в основном за счет Poaceae и Cyperaceae. Значительные изменения прослеживаются в концентрациях и УСА пыльцы: КП многих таксонов резко снижаются (табл. 2, рис. 3), УСА пыльцы *Betula* уменьшаются в три раза, *Pinus* – в пять раз (рис. 4).

Выше границы ЛПЗ 3б и 3с вновь происходят заметные изменения в составе пыльцевых спектров: доля *Pinus* повышается до 25–30%, а доля

Betula снижается до 55–70% спектров. Доля пыльцы *Ulmus* достигает 5%. Единично встречается также пыльца *Quercus*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Sambucus*, *Viburnum*, *Rhamnus*, *Myrica* при дальнейшем повышении таксономического разнообразия пыльцы травянистых растений. После снижения в верхней части ЛПЗ 3b КП сосны и березы в ЛПЗ 3с вновь увеличиваются, однако последняя остается значительно более низкой, чем в подзоне 3b (табл. 1, рис. 3). УСА пыльцы сосны и ели в ЛПЗ 3с возрастают по сравнению с ЛПЗ 3b, а УСА березы остается в целом на том же уровне (табл. 1, рис. 4).

Начиная с ЛПЗ 3с, доля пыльцы сосны и березы в спектрах стабилизируется и при небольших колебаниях сохраняется также в ЛПЗ 4а и б, т. е. в течение всего бореала (рис. 2) на фоне постепенного повышения доли АР в спектрах до 90–95%. В ЛПЗ 4 постоянно присутствует в количестве 2–5% пыльца вяза и лещины, вверх по разрезу устойчиво возрастает доля пыльцы ели (до 5–7%), а начиная с ЛПЗ 4б — также дуба, липы и ольхи; доля пыльцы ивы в верхней половине ЛПЗ 4, напротив, сокращается. В ЛПЗ 4а и 4б обнаружены также единичные пыльцевые зерна *Acer*, *Fraxinus*, *Viburnum*, *Rhamnus*, *Sambucus* и *Lonicera*.

КП *Betula*, *Pinus*, *Ulmus* и спор Polypodiaceae в ЛПЗ 4а колеблются в широких пределах без видимого тренда изменений, тогда как КП *Picea*, *Alnus* и *Quercus* заметно возрастают (рис. 3). УСА *Betula* в ЛПЗ 4а нестабильны и снижаются вверх по разрезу почти в два раза. УСА *Pinus* в основном колеблются в пределах 10–30 тыс. зерен на 1 см² в год

Таблица 2. Палинологические данные по датированным ^{14}C методом разрезам отложений позднеледниковья и голоцена, использованные для реконструкций**Table 2.** Palynological data from ^{14}C -dated sections of Late Glacial and Holocene sediments used for reconstructions

Номер разреза	Название разреза	Широта, с. ш.	Долгота, в. д.	Высота, м над у. м.	Источник	Число ^{14}C дат
1	оз. Селигер, скв. SP-2	57°02'21"	33°18'13"	205	Константинов и др., 2021; Борисова и др., 2022	7
2	оз. Черное на о-ве Хачин	57°17'02"	33°02'45"	213	Sapelko et al., 2022	6
3	оз. Теребенское	58°08'	32°59'	153	Wohlfarth et al., 2007	6
4	болото Змеиное	56°16'53"	31°15'36"	165	Tarasov et al., 2022	22
5	оз. Долгое	56°04'02"	37°20'00"	201	Kremenetski et al., 2000, Borisova et al., 2024	8
6	болото Половецко-Купанское	56°56'	38°36'	170	Хотинский и др., 1991	14
7	р. Протва, скв. PR-10	55°12'09"	36°29'33"	137	Борисова и др., 2022; Borisova et al., 2024	8
8	оз. Великое	54°09'37"	28°08'56"	164	Stančikaitė et al., 2022	4
9	оз. Судoble	54°03'	28°24'	165	Novik et al., 2010	8
10	Сельцо	53°20'48"	34°06'30"	150	Borisova et al., 2024	7

УСА *Picea* возрастают вверх по разрезу, достигая 6–8 тыс. зерен на 1 см^2 в год (рис. 4).

В основании ЛПЗ 4b отмечается резкое снижение КП всех основных таксонов (рис. 3). КП *Picea*, *Pinus* и *Betula* сокращаются в этом узком интервале на порядок: с 150 до 15–20 тыс./ см^3 с 400 до 80–70 тыс./ см^3 и с 1000 до 300 тыс./ см^3 соответственно, однако выше по разрезу вновь достигают уровня, характерного для ЛПЗ 4a. После упомянутого спада КП *Picea*, *Alnus* и *Quercus* возрастают в ЛПЗ 4b до 150–250, 100–140 и 40–50 тыс./ см^3 соответственно. УСА пыльцы основных древесных пород также значительно снижаются в этом интервале по сравнению с ЛПЗ 4a (рис. 4). Выше по разрезу в ЛПЗ 4b УСА *Pinus* и *Betula* вновь повышаются, однако, при этом остаются почти в два раза ниже, чем в ЛПЗ 4a: за редким исключением они составляют 5–15 тыс. зерен на 1 см^2 в год и около 30 тыс. зерен на 1 см^2 в год. УСА *Picea* в том же интервале возрастают с 2–3 до 6–8 тыс. зерен на 1 см^2 в год (табл. 1, рис. 4).

Существенные изменения концентраций и УСА пыльцы на границе подзон 4a и 4b (рис. 3, 4) не находят яркого выражения в процентных соотношениях основных пыльцевых таксонов. На этом уровне заметно только небольшое снижение доли пыльцы *Quercus*, *Ulmus*, *Roaceae* и *Cyperaceae*

(рис. 2). Тем не менее, эти две подзоны резко различаются по составу спорово-пыльцевых комплексов. Разнообразие пыльцы луговых травянистых растений, характерное для ЛПЗ 4a, в ЛПЗ 4b резко сокращается (рис. 2). Из числа прибрежно-водных и влаголюбивых трав в подзоне 4b обнаружена только пыльца *Sparganium*; кривая содержаний спор *Sphagnum* прерывается, а из водных растений встречается только единичная пыльца *Nymphaea*.

На границе ЛПЗ 4b и 4c, соответствующей по возрасту границе бореального и атлантического периодов голоцена, содержания пыльцы березы сокращаются почти в два раза (до 35–38%) (рис. 2). Доля пыльцы ели и сосны в спектрах сохраняется на прежнем уровне, а содержания пыльцы широколиственных пород (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Corylus*) и особенно ольхи возрастают. Состав пыльцы и спор травянистых растений в ЛПЗ 4c крайне беден. Из NAP только содержания *Roaceae* немного увеличиваются по сравнению с ЛПЗ 4b. На верхней границе ЛПЗ 4, в интервале, соответствующем заключительному кратковременному похолоданию раннего голоцена около 8.2 тыс. л. н., на процентной диаграмме заметно небольшое снижение кривых *Picea*, *Quercus* и *Ulmus* (рис. 2). Предположительно, этим похолоданием можно объяснить и временное снижение КП и УСА

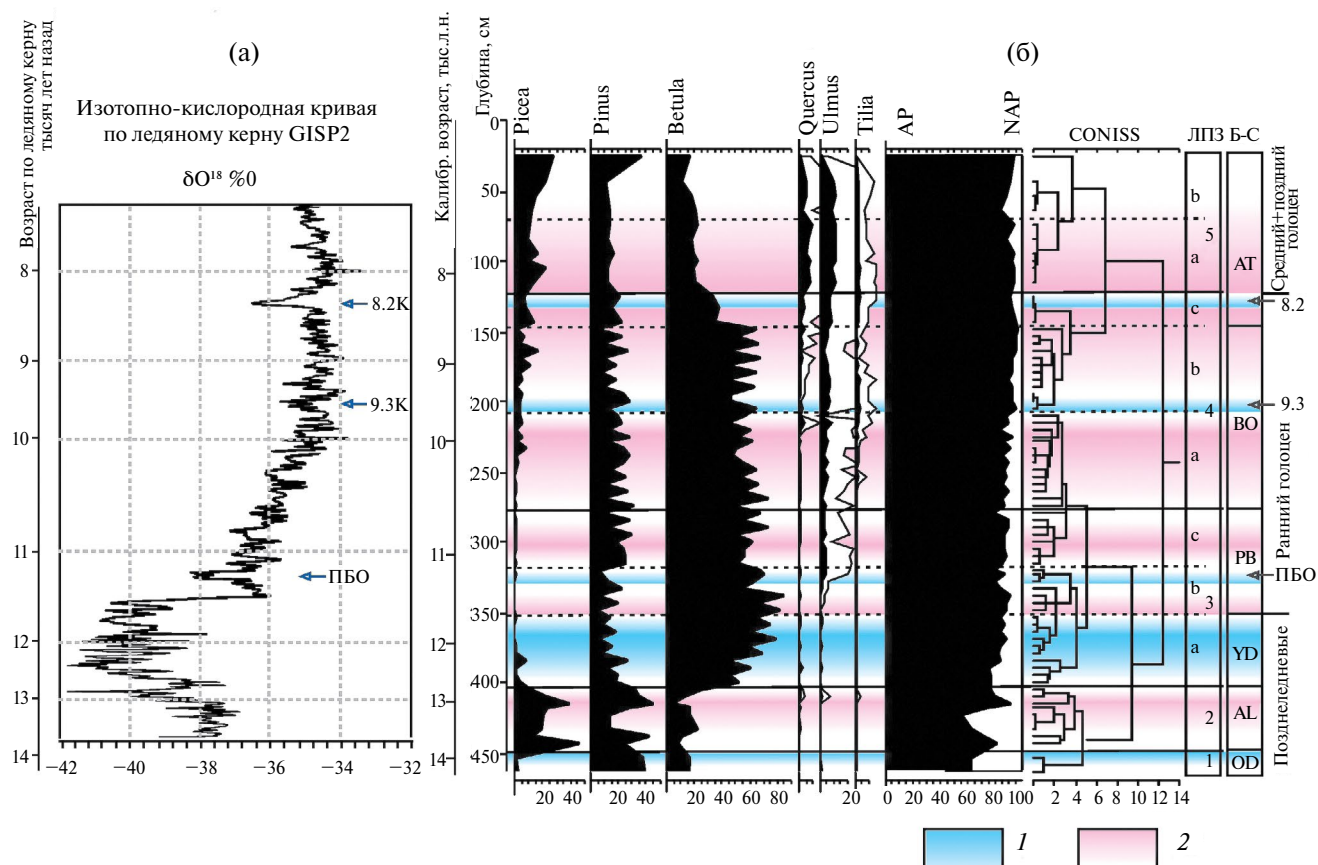


Рис. 5. Основные климатические события финала позднеледникового и раннего голоцена: (а) — изотопно-кислородная кривая по керну скважины GISP2 (по Rasmussen et al., 2007, с изменениями: шкала времени приведена в соответствие со шкалой, построенной для скв. SP-2); (б) — реконструкция по данным палинологического изучения разреза SP-2. 1 — относительно холодные фазы, 2 — относительно теплые фазы.

Fig. 5. The main climatic events of the end of the Late Glacial and the early Holocene periods: (a) — Oxygen isotope curve for the GISP2 core (from Rasmussen et al., 2007, modified — the time scale has been brought into line with that constructed for the SP-2 borehole); (б) — reconstruction based on palynological study of SP-2 section. 1 — relatively cold phases, 2 — relatively warm phases.

основных древесных пород вблизи границы ЛПЗ 4 и 5 (рис. 3, 4), однако анализ проявления “события 8.2 тыс. л.н.” и реконструкция изменений растительности и климата в среднем голоцене выходят за рамки данной статьи.

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Интерпретация данных по разрезу SP-2

Полученные палинологические данные по колонке SP-2, охватывающие конец позднеледниковья и ранний голоцен (рис. 2–4), позволяют провести подробную реконструкцию изменений растительности в окрестностях оз. Селигер за этот период и отражают последовательность климатических фаз, сопоставимых по времени с колебаниями температуры, установленными по изменениям изотопного состава кислорода в ледниковых кернах из Гренландии (рис. 5).

Первоначально лесные сообщества, образованные наиболее холодостойкими и экологически пластичными древесными породами — елью, сосной и березой, формировались на этой территории уже в аллерёде, занимая наиболее благоприятные защищенные местообитания. О локальном присутствии ели свидетельствуют ее значительная доля в спектрах и высокие концентрации и УСА ее пыльцы. При этом растительный покров имел комплексное, мозаичное строение: в нем сохранялись обширные безлесные пространства, занятые ксерофильными полынно-злаковыми сообществами с обилием маревых, подобными современным холодным сухим степям. Открытый облик растительности подчеркивают находки пыльцы типичных гелиофитов — *Hippophae* и *Helianthemum*. Рост КП *Pinus* и *Betula* свидетельствует о начавшемся расселении сосны и березы на окружающей озеро

территории в течение аллерёда. Одновременно происходили значительные изменения в составе травянистой растительности, на что указывает сокращение доли пыльцы маревых, а затем и полыней, при повышении доли пыльцы злаков, гвоздичных, розоцветных и василистника (*Thalictrum*) в составе спектров. Содержания пыльцы семейства осоковых, высокие в течение всего интерстадиала, достигают максимума в его конце, что, как и повышение КП *Сурегасеае*, отражает широкое распространение влажных осоковых лугов по берегам озера. На мелководьях и в прибрежной полосе росли также ежеголовник и розоз.

В позднем дриасе ведущую роль в лесных сообществах заняла береза; ландшафтная роль сосны заметно снизилась, а ель на окружающей озеро территории почти исчезла, что, возможно, было связано с повышением континентальности и иссушением климата. Сокращение доли пыльцы трав и кустарничков в спектрах этого холодного интервала по сравнению с аллерёдом, вероятно, объясняется крайне высокой пыльцевой продуктивностью березы. Изменения же в составе группы NAP (увеличение доли пыльцы злаков за счет сокращения доли осоковых, рост содержаний пыльцы маревых, постоянное присутствие пыльцы *Ephedra*) свидетельствуют о сохранении и даже о возможном расширении участков перигляциально-степных сообществ в растительном покрове. Этот вывод подтверждается изменениями КП *Chenopodiaceae*, *Poaceae* и *Artemisia* в течение этой холодной стадии. На сравнительно высокие летние температуры в этот период указывает появление в озере таких теплолюбивых водных растений, как кувшинка и кубышка.

Начало потепления в конце позднего дриаса, вероятно, сопровождалось смягчением континентальности климата и повышением увлажнения, что способствовало быстрому распространению древесных пород и появлению участков лесов, главным образом березовых и, в меньшей степени, сосновых, на окружающей территории, а также ивняков по берегам озера. Возросло участие папоротников в наземном покрове, на что указывает существенное повышение концентраций их спор в течение позднего дриаса. Увеличение разнообразия пыльцы мезофильных травянистых растений показывает, что в это время перигляциально-степные сообщества сменялись лугово-степными и луговыми.

В раннем пребореале это потепление продолжилось и усилилось, что подтверждается дальнейшим увеличением доли AP в спектрах и быстрым ростом КП березы и сосны. О потеплении климата свидетельствует также начавшееся расселение

широколиственных пород деревьев (вяза, дуба и ясеня). Возобновилось проникновение ели в лесные сообщества региона. Существенное повышение КП ивы, злаков и осоковых, а также концентраций спор папоротников, указывает на расширение площадей, занятых ивняками и травяными болотами, по берегам озера. Продолжает увеличиваться разнообразие мезофильных и гигрофильных травянистых растений. Около 11.4–11.2 тыс. л. н. развитие потепления было прервано кратковременным похолоданием, соответствующим ПБО в Гренландии (рис. 5). На это указывает возрастание доли NAP в спектрах, резкое уменьшение процентных содержаний, КП и УСА пыльцы сосны, а также заметное снижение КП *Betula*, *Salix*, *Poaceae* и *Сурегасеае* в этом интервале.

В позднем пребореале процесс потепления возобновился, вновь возросла роль сосновых лесов, продолжилось расселение ели и внедрение широколиственных пород, в первую очередь вяза, в состав лесов. Вероятно, с распространением сосновых боров связано постоянное присутствие пыльцы кустарничков из порядка *Ericales* в отложениях позднего пребореала. На окружающей озеро территории развивались также смешанные леса с разнообразными кустарниками (лещина, бузина, крушина, калина) в подлеске и по опушкам. Доля березовых лесов в растительном покрове оставалась приблизительно такой же, как в раннем пребореале. Разнообразие состава луговых, прибрежно-водных и водных растений свидетельствует об относительно теплом и влажном климате этого времени.

Полученные палинологические данные показывают, что облик растительности в окрестностях оз. Селигер с середины пребореала до середины бореала изменялся слабо. Диапазоны колебаний содержаний пыльцы основных компонентов спектров – сосны и березы – составляют в этом временном интервале 10–15%, однако определенные тренды в их изменениях отсутствуют. В то же время медленное возрастание доли AP в спектрах отражает продолжающийся процесс потепления, подчеркнутый повышением разнообразия пыльцы широколиственных пород деревьев в раннем бореале по сравнению с поздним пребореалом. Помимо вяза, дуба и ясеня, в лесах расширялось участие липы, появился клен и кустарники, характерные для подлеска широколиственных и смешанных лесов – лещина, калина, крушина и жимолость. Доля ели в лесных сообществах также продолжала постепенно увеличиваться, однако на окружающей озеро территории по-прежнему господствовали березовые и сосновые леса. Вероятно, этим объясняется сохранение высокого разнообразия травянистых

растений в раннем бореале, когда многие луговые виды находили подходящие условия обитания также и под пологом светлых лесов.

Реконструированное по данным изучения разреза SP-2 потепление, развивавшееся с середины пребореала до середины бореала, соответствует повышению температуры, происходившему в Гренландии после ПБО и до эпизода похолодания около 9.3 тыс. л. н. (рис. 5). Кратковременное резкое сокращение КП и УСА основных лесообразующих пород — ели, сосны и березы — в начале позднего бореала и небольшое снижение доли пыльцы дуба, вяза, злаков и осоковых в спектрах этого времени можно считать признаками похолодания, сопоставимого по возрасту с “событием 9.3 тыс. л. н.” в Гренландии.

Под воздействием возобновившегося потепления в позднем бореале пыльцевая продукция березы и сосны вновь повысилась, но не достигла уровня раннего бореала. Вероятно, это связано с тем, что при общем увеличении залесенности территории доля мелколиственных и светлохвойных лесов в растительном покрове снизилась за счет расширения темнохвойных (еловых), смешанных широколиственных и ольховых лесов. В позднем бореале концентрации и УСА пыльцы ели впервые после длительного перерыва достигают уровня аллерёда и превосходят его. С этими изменениями в составе лесов связано резкое сокращение разнообразия травянистых растений, прежде всего за счет светолюбивых луговых видов. Реликт перигляциальной флоры хвойник (*Ephedra*), находивший подходящие местообитания в окрестностях озера Селигер вплоть до середины бореала, позднее на этой территории уже не встречался. В конце раннего голоцена (в начале атлантического времени в его традиционном понимании) в условиях теплого гумидного климата продолжились изменения облика лесных сообществ, наметившиеся еще в позднем бореале, — широколиственные породы и ель стали играть более заметную роль в составе смешанных лесов, распространились ольховники.

5.2. Короткопериодные изменения растительности и климата в средней полосе Восточно-Европейской равнины в позднеледниковье и раннем голоцене

Результаты реконструкций, полученные по разрезу SP-2, были сопоставлены с опубликованными данными комплексных исследований разрезов озерных и болотных отложений, также расположенных в подзоне смешанных широколиственно-хвойных лесов (рис. 1, табл. 2).

Позднеледниковье. Увеличение доли AP в спектрах во всех рассмотренных разрезах, подтвержденное данными об УСА и находками устьиц хвойных пород деревьев, показывает, что наиболее

холодостойкие древесные породы произрастали в данном регионе уже в аллерёде. Основными породами, образующими редколесья, были береза и сосна. Доля ели в лесных сообществах была несколько выше в более северных и восточных районах (разрезы Змеиное, Селигер, Протва, Долгое, Половецко-Купанское). Локальное присутствие ели вблизи озер Селигер и Долгое в аллерёде подтверждается высокой долей в спектрах и УСА пыльцы *Picea* и находками устьиц хвой ели (Kremenetski et al., 2000; Нарышкина и др., 2022). В осадках оз. Великое УСА пыльцы сосны превышают пороговые значения, которые указывают на ее локальное присутствие (Seppä, Hicks, 2006), как в слоях аллерёда, так и в слоях позднего дриаса (Stančikaitė et al., 2022). В целом, палинологические данные свидетельствуют о том, что интерстадиал аллерёд в средней полосе ВЕР характеризовался мозаичной растительностью с сочетанием перигляциально-степных и разреженных бореальных лесных сообществ. Помимо березы, сосны и ели, в этих лесах встречались древесные породы, современные ареалы которых охватывают северо-восток ВЕР и Сибирь, — пихта, лиственница и сосна сибирская. Также были широко распространены луговые сообщества и заросли кустарников. В целом, растительный покров был довольно разреженным, что характерно для перигляциальной лесостепи.

В слоях, относящихся к позднему дриасу, на всех рассмотренных пыльцевых диаграммах прослеживается значительное снижение содержаний AP. Это показывает, что доля лесных сообществ в растительности снова сократилась в этот холодный и сухой период. В разрезах Селигер и Долгое в начале позднего дриаса УСА ели и сосны заметно снижались (Борисова и др., 2022; Нарышкина и др., 2022), что отражает уменьшение обилия этих древесных пород и их пыльцевой продукции под влиянием похолодания. Резкое падение содержаний пыльцы сосны в разрезе Великое (Stančikaitė et al., 2022) также указывает на сокращение сосновых лесов в ответ на похолодание.

Анализ собранных к настоящему времени палинологических и геохронологических данных позволяет заключить, что “нижний максимум ели” ярко выраженный на пыльцевых диаграммах из центральной части ВЕР (пик содержаний пыльцы *Picea* до 50–60% AP) охватывает не только аллерёд, с которым он первоначально сопоставлялся (Нейштадт, 1957; Хотинский, 1977), но и поздний дриас, а в некоторых случаях почти полностью соответствует позднему дриасу. Это особенно заметно в разрезах, расположенных на ЮЗ исследуемой территории, где широко распространены песчаные отложения, в частности, в разрезах Судoble (Novik

et al., 2010) и Великое (Stančikaitė et al., 2022). Можно предположить, что относительно благоприятные условия для распространения ели с ее поверхностной корневой системой в позднем дриасе были связаны с частичным восстановлением многолетней мерзлоты, которое поддерживало более высокую влажность в верхнем (сезонно-талом) слое почвы и способствовало расселению ели на грунтах легкого механического состава. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) — светолюбивая, быстрорастущая и менее чувствительная к заморозкам в молодом возрасте порода, чем ель, обычно опережает последнюю при расселении на новых территориях. В районах распространения песчаных отложений сосна значительно более конкурентоспособна, чем ель, из-за ее меньшей требовательности к богатству почв и лучшей приспособленности к их глубокому просыханию летом, и только при распространении на территориях, где слой сезонного протавивания мерзлоты имеет небольшую мощность, ель опережает сосну (Растительный покров..., 1956). Отметим, что самые ранние макроостатки *Picea*, обнаруженные в разрезе Теребенское, датированы концом позднего дриаса (Wohlfart et al., 2007).

Несмотря на значительное похолодание, лето в позднем дриасе было относительно теплым и сухим, что объясняется увеличением континентальности климата. На это указывают высокие содержания пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae*. Большое разнообразие пыльцы лугового и степного разнотравья и находки пыльцы относительно теплолюбивых водных растений в отложениях этого возраста (например, кубышки в разрезах Селигер, Сельцо и Протва, кувшинки и рогоза в разрезе Селигер, а также семян рогоза в разрезе Великое) также свидетельствуют об относительно высоких летних температурах. Флора также сочетала в себе гелиофиты (*Hippophae rhamnoides* и *Helianthemum*), криофиты (*Selaginella selaginoides*, *Betula nana* и *Botrychium boreale*) и типичные ксерофиты (*Ephedra* и *Eurotia ceratoides*). Такое чрезвычайное разнообразие флоры позднего дриаса подтверждает вывод В. П. Гричука (1982) о том, что поздний дриас был последним этапом широкого распространения перигляциально-степной растительности в центральной части ВЕР.

Ранний пребореал. Сдвиг соотношения AP/NAP в сторону преобладания AP на всех рассмотренных пыльцевых диаграммах и значительный рост КП древесных пород отражают распространение лесов в ответ на потепление на переходе от позднеледникового к голоцену. В раннем пребореале пыльца сосны (в разрезах Великое, Судoble, Сельцо, Протва и Долгое) и березы (Селигер, Змеиное) по-прежнему преобладала среди AP, хотя фактическую долю

этих деревьев, обладающих огромной пыльцевой продуктивностью, в составе растительности оценить сложно. Тем не менее, самые ранние находки макроостатков *Betula* в разрезе Теребенское датированы началом пребореала (Wohlfart et al., 2007), что подтверждает более значительное участие березы в составе лесов, окружавших озеро.

Многочисленные находки устьиц сосны в раннем пребореале в разрезе Сельцо (Borisova et al., 2024) доказывают, что уже 11.5 тыс. л. н. сосна росла на этой территории. Наиболее древние макроостатки сосны, найденные в осадках оз. Великое, соответствуют по возрасту границе позднеледниковья и голоцена, а максимум УСА пыльцы сосны в этом разрезе приходится на ранний пребореал (Stančikaitė et al., 2022). В целом, ель в раннем пребореале играла меньшую роль в лесных сообществах, чем сосна и береза. Только в спорово-пыльцевых спектрах из разреза Долгое пыльца *Picea* в это время составляет почти 20%, и этот пик совпадает с локальным максимумом пыльцы сосны (также около 20% спектра) (Kremenetski et al., 2000). В раннем пребореале *Pinus sibirica* и *Larix* все еще встречались в лесах региона. В то же время, лесные сообщества становились более разнообразными: в подлеске расселялись мезофильные кустарники — калина, крушина и жимолость. На влажных почвах вокруг озер и болот распространялись сероольшаники и ивняки. Единичные находки пыльцы широколиственных пород (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia* и *Corylus*) в раннепребореальных отложениях указывают на их продвижение в средние широты ВЕР в условиях потепления. Присутствие пыльцы кувшинки в разрезах Селигер, Сельцо и Протва, а также находки ее макроостатков в отложениях оз. Великое в самом начале пребореала (Stančikaitė et al., 2022), свидетельствуют о достаточно высоких летних температурах. Тем не менее, состав пыльцевых спектров раннего пребореала отражает комплексность и мозаичность растительного покрова, унаследованную от холодной стадии позднего дриаса. Большое разнообразие пыльцы разнотравья при участии ксерофитов и криофитов свидетельствует о сохранении сообществ, близких к перигляциальной лесостепи.

Пребореальная осцилляция (ПБО). На большинстве пыльцевых диаграмм похолодание ПБО отмечено снижением доли AP по сравнению с ранним пребореалом. Соотношение пыльцы основных лесобразующих пород (*Betula*, *Pinus* и *Picea*) также существенно изменяется: на всех пыльцевых диаграммах в этом временном интервале прослеживается рост содержания пыльцы березы при сокращении доли пыльцы сосны. Так, например, доля *Betula* достигает 60–70% спектров в разрезе

Судобле (Novik et al., 2010) и 80–90% в разрезах Змеиное и Великое (Tarasov et al., 2022; Stančikaitė et al., 2022). Быстрое похолодание, о котором свидетельствует резкое снижение доли пыльцы сосны, подтверждается редкостью устьиц *Pinus* в слое, соответствующем ПБО, в разрезе Сельцо (Borisova et al., 2024) и их полным отсутствием в том же интервале в разрезе Великое (Stančikaitė et al., 2022). В разрезе Великое УСА сосны по сравнению с ранним пребореалом уменьшаются в 3–4 раза, т.е. примерно до уровня позднего дриаса, тогда как УСА березы в ПБО примерно в два раза выше, чем в раннем пребореале (Stančikaitė et al., 2022). Данные по разрезу Сельцо показывают, что в ПБО в составе лесов встречались *Pinus sibirica* и *Larix* (Borisova et al., 2024). Пыльца *Picea* во всех рассматриваемых разрезах в интервале ПБО регистрируется редко. Это справедливо даже для разреза Долгое, где доля ели в спектрах раннего пребореала относительно высока (Kremenetski et al., 2000; Борисова и др., 2022).

Увеличение доли НАР, особенно полыней и злаков, в разрезах Селигер и Долгое и, в меньшей степени, в разрезе Великое, вероятно, свидетельствует об относительно сухих летних условиях в ПБО. О расширении участков степной растительности при сокращении лесных сообществ свидетельствует большее разнообразие пыльцы луговых и степных видов, находки пыльцы эфедры и некоторых гелиофитов (например, *Hippophae rhamnoides* в разрезе Селигер). В интервале, соответствующем ПБО, в разрезе Долгое возрастают УСА злаков, полыней и других травянистых растений (Нарышкина и др., 2022). Разнообразие пыльцы трав, в том числе находки пыльцы *Sanguisorba*, *Thalictrum*, *Polygonum bistorta* и *Valeriana*, в разрезе Сельцо, указывает на достаточно теплое лето для широкого развития луговых сообществ (Borisova et al., 2024). Тем не менее, в интервале ПБО встречается пыльца только наиболее холодостойких из водных растений (например, *Myriophyllum*, *Potamogeton* и *Ceratophyllum* в разрезе Протва).

Поздний пребореал. Увеличение содержаний АР до 80–90% отражает новый этап расширения березовых и сосновых лесов в позднем пребореале, вызванный возобновлением потепления. В ряде разрезов (Сельцо, Змеиное, Великое, Судобле) после ПБО прослеживается дальнейшее возрастание доли пыльцы березы в спектрах. В разрезе Долгое, где содержания пыльцы деревьев в целом довольно низкие, отмечено небольшое увеличение АР по сравнению с ПБО (с 30 до 45%); при этом доля *Betula* достигает 80% АР (Kremenetski et al., 2000; Борисова и др., 2022). В современных условиях близкий состав пыльцевых спектров с господством

пыльцы березы обнаружен в поверхностных пробах из предлесостепных березовых лесов Южного Урала (Лаптева, 2013), тогда как в рецентных пробах озерных осадков и почв из окрестностей оз. Селигер наблюдается обратное соотношение доминантов: доля пыльцы *Betula* не превышает 30–40%, а доля пыльцы *Pinus* составляет 50–70%. Преобладание березы в растительности позднего пребореала подтверждается находками макроостатков *Betula pubescens*, датированных 11.2 тыс. л. н., в отложениях оз. Теребенское (Wohlfarth et al., 2007). В осадках оз. Великое орешки *Betula sect. Albae* встречаются на протяжении всего позднего пребореала (Stančikaitė et al., 2022). Таким образом, даже на тех территориях, где в этот период происходило преимущественное распространение сосновых лесов (как в окрестностях оз. Селигер), береза все еще оставалась основной лесообразующей породой.

Наиболее древние макроостатки *Pinus sylvestris* в осадках оз. Теребенское имеют возраст около 11.4 тыс. л. н. (Wohlfarth et al., 2007). Устьица хвой сосны встречаются в позднепребореальных слоях разреза Сельцо (Borisova et al., 2024). В разрезе Протва содержания пыльцы сосны и березы в слое, относящемся к позднему пребореалу, составляют, соответственно, 30–35 и 30–45%, тогда как пыльца ели здесь встречается редко. В том же временном интервале в разрезе Судобле доля пыльцы *Picea* достигает 10% спектров (Novik et al., 2010). Небольшое повышение КП ели прослеживается в начале позднего пребореала по разрезу SP-2; ему соответствует по времени увеличение доли пыльцы *Picea* в составе спектров и находки хвой ели в разрезе осадков оз. Черное, расположенном на о-ве Хачин в северной части оз. Селигер (Sapelko et al., 2022). Представляют большой интерес находки чешуек почек осины (*Populus tremula*) в этом разрезе (Sapelko et al., 2022). Макроостатки *Populus tremula* с возрастом около 11.5 тыс. л. н. обнаружены также в осадках оз. Теребенское (Wohlfarth et al., 2007). Пыльца *Populus*, которая из-за низкой стойкости оболочек крайне редко регистрируется в отложениях, найдена в пребореальном интервале в разрезе Сельцо (Borisova et al., 2024), что свидетельствует о значительной роли осины в мелколиственных лесах этого времени. Присутствие пыльцы сравнительно теплолюбивых деревьев и кустарников (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Sambucus* и *Viburnum*) в осадках позднего пребореала указывает на постепенное обогащение видового состава лесных сообществ, вызванное потеплением и смягчением континентальности климата в этот период.

Ранний бореал. Сравнение палинологических данных по большинству сопоставляемых разрезов показало отсутствие резких изменений в составе

растительности на границе пребореала и бореала. В раннем бореале в составе лесов по-прежнему преобладали сосна и береза, хотя их доля в растительности изменялась неодинаково в разных частях региона. Так, в разрезе SP-2 соотношение пыльцы сосны и березы остается почти неизменным с середины пребореала до середины бореала, тогда как в разрезах Долгое и Великое доля пыльцы березы в спектрах на протяжении раннего бореала сокращается почти на 20% (Борисова и др., 2022; Stančikaitė et al., 2022), а в разрезах Змеиное и Протва — на 30–40% за счет соответствующего повышения содержаний пыльцы сосны (Tarasov et al., 2022; Borisova et al., 2024). В разрезе Черное слой, сопоставляемый с ранним бореалом, отличается обилием макроостатков *Betula sect. Albae* при доле пыльцы березы 40–50% (Sapelko et al., 2022). В этом же слое обнаружены хвоя и кора *Pinus sylvestris*, а содержания пыльцы сосны составляют 25–40% спектров (Sapelko et al., 2022).

Участие ели в составе лесов раннего бореала повсеместно было незначительным. Продолжалось расселение широколиственных пород (сначала вяза и лещины, затем дуба, липы и ясеня) и их внедрение в лесные фитоценозы. Одновременно происходило расширение площади ольховников. Эти процессы проявились раньше и развивались более быстрыми темпами в западной части рассмотренной территории (Stančikaitė et al., 2022; Novik et al., 2010). Описанные изменения в составе пыльцевых спектров свидетельствуют о прогрессирувавшем потеплении, сопровождавшемся некоторым снижением континентальности климата. Доля пыльцы трав в спектрах раннего бореала в большинстве случаев невелика, за исключением содержаний пыльцы Сурегасеае и Роасеае в некоторых разрезах, однако высокое таксономическое разнообразие разнотравья в начале этого интервала сохранялось благодаря господству светлых березовых и сосновых лесов, в которых находили подходящие местообитания многие луговые виды растений.

“Событие 9.3 тыс. л. н.”. Для выявления следов возможного кратковременного похолодания внутри бореала, около 9.3 тыс. л. н., требуются палинологические данные с высоким разрешением по времени по подробно датированным отложениям, включая анализ КП и УСА пыльцы основных таксонов. До настоящего времени таких данных для средней полосы ВЕР собрано недостаточно. Возможными следами этого похолодания в разрезе Селигер (скв. SP-2) являются падение КП и УСА пыльцы ели, сосны и березы и небольшое снижение доли пыльцы дуба, вяза, злаков и осоковых в спектрах в начале позднего бореала. В разрезе Протва (скв. PR-10) с этим эпизодом похолодания

можно предположительно сопоставить резкое повышение содержания пыльцы *Betula* при снижении доли *Pinus* и *Ulmus* в спектрах и концентраций их пыльцы. По-видимому, это кратковременное и/или малоамплитудное похолодание не вызвало существенных изменений в составе растительных сообществ и привело только к снижению пыльцевой продукции растений в неблагоприятные годы (сезоны) и к некоторому угнетению более теплолюбивых широколиственных пород (дуба и вяза).

Поздний бореал. Во второй половине бореального периода происходило дальнейшее расширение лесов, что на большинстве диаграмм выражается в повышении доли AP до 90–95% спектров. В составе лесов появляется ель, что отражается на диаграммах в присутствии редких пыльцевых зерен (Змеиное, Судoble, Долгое), а затем в формировании непрерывных кривых (Черное, Протва, Сельцо) и, наконец, в повышении содержаний пыльцы до первых процентов (Половецко-Купанское, Селигер). Одновременно растет доля широколиственных лесов в растительном покрове и обогащается их состав. При этом значительный рост КП лещины и вяза, а затем дуба и липы в разрезе Протва почти не отражен на процентной диаграмме, так как его совершенно маскирует увеличение КП сосны, на порядок превосходящих КП широколиственных пород. Как и в разрезе Селигер, к концу бореала здесь снижаются КП полыней и маревых, а КП осоковых и злаков, наоборот, возрастают. В разрезе Долгое КП широколиственных пород также повышаются во второй половине бореала. На процентных диаграммах по разрезам Селигер, Долгое, Черное, Змеиное и Судoble отчетливо виден рост доли пыльцы вяза, дуба и липы, который продолжается и ускоряется в начале атлантика. Вероятно, описанные изменения отражают дальнейшее потепление при снижении континентальности климата (уменьшении сезонных различий температур). Палинологические данные по большинству изученных разрезов также отражают заметное увеличение доли ольхи (как серой, так и черной) в составе растительности. В разрезах Селигер и Долгое КП ольхи довольно значительно повышаются во второй половине бореала. Вероятно, распространению сероольховых лесов и черноольховых топей способствовал рост увлажнения в этот период. Резкое обеднение состава травянистых растений в слоях позднего бореала в разрезе Селигер можно объяснить как ростом залесенности территории в целом, так и более тенистыми условиями под пологом широколиственных и еловых лесов.

Ранний голоцен завершился еще одним кратковременным похолоданием, известным как “событие 8.2 тыс. л. н.” (Rasmussen et al., 2006). Вероятно,

это похолодание, как и “событие 9.3 тыс. л. н.”, несколько замедлило процессы развития широколиственных и еловых лесов в средней полосе ВЕР.

6. ВЫВОДЫ

Детальный спорово-пыльцевой анализ осадков оз. Селигер по разрезу SP-2, проведенный с высоким разрешением по времени, в сопоставлении с данными по девяти разрезам озерных и озерно-болотных отложений, расположенных на соседних территориях, позволяет реконструировать основные этапы развития растительности в ответ на вековые климатические колебания позднеледниковья и раннего голоцена.

Уже в аллереде в средней полосе ВЕР начали формироваться леса из холодостойких и экологически пластичных пород — ели, сосны и березы, занимавшие наиболее благоприятные защищенные местообитания. В северных и восточных районах территории доля ели в составе лесов была несколько выше. Остальная территория была занята лугами, кустарниками и растительностью, близкой к современным сухим степям. Таким образом, интэрстадиальная растительность имела облик перигляциальной лесостепи/лесотундры в условиях прохладного континентального климата.

В позднем дриасе похолодание и усиление континентальности привели к сокращению лесов и расширению перигляциально-степной растительности. Во флоре сохранялись сибирская сосна и лиственница, характерные в настоящее время для более континентальных регионов. Заметное участие ели в лесных сообществах в районах распространения песчаных отложений предположительно объясняется восстановлением многолетней мерзлоты. Летом, несмотря на общее похолодание, условия оставались относительно теплыми и сухими, что благоприятствовало развитию разнообразных луговых и степных сообществ и распространению теплолюбивых водных растений в озерах региона.

На переходе от позднеледниковья к голоцену началось быстрое потепление, вызвавшее новое расширение лесов, образованных холодостойкими и светолюбивыми пионерными породами — березой и сосной, тогда как роль ели в них снизилась. Состав лесов становился более разнообразным: в подлеске появились мезофильные кустарники (калина, крушина, жимолость); распространялись также ивняки и сероольшаники; началось проникновение широколиственных древесных пород в средние широты ВЕР. Тем не менее, в раннем пребореале сохранялись участки перигляциально-степной растительности, о чем свидетельствует разнообразие пыльцы ксерофитов и криофитов в слоях этого времени.

Около 11.4 тыс. л. н. кратковременное похолодание прервало или замедлило распространение лесов и способствовало расширению травянистой растительности с увеличением доли полыни и злаков, что указывает на относительно сухие летние условия в ПБО.

Возобновление потепления в позднем пребореале привело к новой экспансии березовых и сосновых лесов, расселению ели и широколиственных пород, в первую очередь вяза. Обогащение видового состава лесных, луговых, прибрежно-водных и водных сообществ отражает смягчение континентальности климата. Эти тенденции сохранялись при дальнейшем потеплении в раннем бореале. В составе лесов по-прежнему преобладали сосна и береза. Березовые леса в это время напоминали современные предлесостепные березняки Южного Урала. Под пологом этих светлых лесов находили подходящие условия обитания многие травянистые растения, что отчасти объясняет высокое разнообразие пыльцы трав в этот период.

Похолодание около 9.3 тыс. л. н. мало заметно по изменениям пыльцевых спектров. Вероятно, оно не вызвало существенных изменений в составе растительных сообществ в данном регионе. Только небольшое сокращение доли пыльцы дуба и вяза в разрезах Селигер и Протва и снижение КП и УСА пыльцы ели, сосны и березы, возможно, указывают на это кратковременное и/или малоамплитудное похолодание.

В позднем бореале залесенность территории достигла максимума при увеличении доли еловых, широколиственных и ольховых лесов. Более тенистые условия под лесным пологом привели к резкому сокращению разнообразия травянистых растений, происходившему за счет светолюбивых луговых трав. Эти изменения отражают дальнейшее потепление, уменьшение континентальности климата и повышение увлажнения.

Перестройки в составе и пространственных соотношениях растительных сообществ, происходившие в течение раннего голоцена под воздействием климатических изменений разной амплитуды и длительности, привели к формированию зоны смешанных широколиственно-хвойных лесов в средней полосе ВЕР и приближению облика растительности к современному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисова О.К., Нарышкина Н.Н., Константинов Е.А., Панин А.В. (2022) Ландшафтно-климатические изменения в пребореале на северо-западе европейской части России. *Геоморфология*. Т. 53. № 1. С. 19–28. <https://doi.org/10.31857/S0435428122030051>

- Гричук В.П. (1961) Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений. В сб.: *Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины*. М.: Изд-во АН СССР. С. 25–71.
- Гричук В.П. (1982) Растительность Европы в позднем плейстоцене. В кн.: *Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет (Атлас-монография)*. М.: Наука. С. 92–109.
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д. (1948) Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ, ГЕОГРАФИЗ. 224 с.
- Зерницкая В.П., Жуховицкая А.Л., Власов Б.П. и др. (2001) Озеро Долгое (седиментогенез, стратиграфия донных отложений и этапы развития). Минск: Ин-т геол. наук. 82 с.
- Константинов Е.А., Панин А.В., Карпухина Н.В. и др. (2021) Речное прошлое озера Селигер. *Водные ресурсы*. Т. 48. № 5. С. 481–491.
<https://doi.org/10.31857/S0321059621050114>
- Лаптева Е.Г. (2013) Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры современной растительности Южного Урала. *Вестник Башкирского университета*. Т. 18. № 1. С. 77–81.
- Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. (2021). Применение пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа. *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. Т. 6. № 3. С. 110–112.
<https://doi.org/10.24189/ncr.2021.036>
- Нарышкина Н.Н., Борисова О.К., Константинов Е.А., Панин А.В. (2022) Проявления короткопериодных похолоданий раннего голоцена на западе европейской территории России (по данным комплексных исследований озерных отложений). В сб.: *Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XV Всероссийской палинологической конференции*. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОС. С. 236–240.
- Нейштадт М.И. (1957) История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР. 404 с.
- Растительность европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. 429 с.
- Растительный покров СССР: пояснительный текст к “Геоботанической карте СССР” 1:4000000 (1956) М.-Л.: Изд-во АН СССР. Т. 1. 460 с.
- Физико-географический атлас мира (1964) М.: Институт географии АН СССР и ГУГК.
- Хотинский Н.А. (1977) Голоцен Северной Евразии. М.: Наука. 200 с.
- Хотинский Н.А., Алешинская З.В., Гуман М.А. и др. (1991) Новая схема периодизации ландшафтно-климатических изменений в голоцене. *Известия АН СССР. Серия географическая*. № 3. С. 30–42.
- Borisova O., Naryshkina N., Panin A. (2024) Short-term climatic oscillations in the central region of the East-European Plain at the beginning of the Holocene based on palynological studies of lacustrine deposits. *Quaternary*. Vol. 7. Iss. 2. Paper 22.
<https://doi.org/10.3390/quat7020022>
- Fleitmann D., Mudelsee M., Burns S.J. et al. (2008) Evidence for wide-spread climatic anomaly at around 9.2 ka before present. *Paleoceanography*. Vol. 23. Iss. 1. PA1102.
<https://doi.org/10.1029/2007PA001519>
- Grachev A.M., Severinghaus J.P. (2005) A revised $+10 \pm 4^\circ\text{C}$ magnitude of the abrupt change in Greenland temperature at the Younger Dryas termination using published GISP2 gas isotope data and air thermal diffusion constants. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 24. Iss. 5–6. P. 513–519.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.10.016>
- Grimm E.C. (1987). CONISS: A FORTRAN77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Comput. Geosci.* Vol. 13. Iss. 1. P. 13–35.
[https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm E.C. (1990) TILIA and TILIA*GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data. In: *INQUA, Working Group on Data-Handling Methods, Newsletter*. Vol. 4. P. 5–7.
- Grimm E.C. (2004) TGView, Version 2.0.2. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center.
- Kobashi T., Severinghaus J., Barnola J.-M. (2008) $4 \pm 1.5^\circ\text{C}$ abrupt warming 11,270 yr ago identified from trapped air in Greenland ice. *Earth Planet. Sci. Lett.* Vol. 268. Iss. 3–4. P. 397–407.
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.01.032>
- Kremenetski K.V., Borisova O.K., Zelikson E.M. (2000) The Late Glacial and Holocene history of vegetation in the Moscow region. *Paleontological J.* Vol. 34. Suppl. 1. P. S67–S74.
- Novenko E., Tsyganov A., Volkova E. et al. (2015) The Holocene palaeoenvironmental history of Central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region. *Quat. Res.* Vol. 83. Iss. 3. P. 459–468.
<https://doi.org/10.1016/j.yqres.2015.03.006>
- Novik A., Punning J.-M., Zernitskaya V. (2010) The development of Belarusian lakes during the Late Glacial and Holocene. *Estonian J. of Earth Sci.* Vol. 59. Iss. 1. P. 63–79.
<https://doi.org/10.3176/earth.2010.1.05>
- Rasmussen S.O., Andersen K.K., Svensson A.M. et al. (2006) A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *J. Geophys. Res.: Atmos.* Vol. 111. D06102.
<https://doi.org/10.1029/2005JD006079>
- Rasmussen S.O., Vinther B.M., Clausen H.B., Andersen K.K. (2007) Early Holocene climate oscillations recorded in three Greenland ice cores. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 26. Iss. 15–16. P. 1907–1914.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.015>
- Rasmussen S.O., Bigler M., Blockley S.P. et al. (2014) A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: Refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 106. P. 14–28.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007>
- Sapelko T., Kalińska E., Kuznetsov D. et al. (2022) Holocene history of the lake and forest island ecosystem at and

- around Lake Seliger, Valdai Hills (East European Plain, Russia). *Int. J. Earth Sci.* Vol. 111. P. 1947–1960.
<https://doi.org/10.1007/s00531-022-02210-4>
- Seppä H., Hicks S. (2006) Integration of modern and past pollen accumulation rate (PAR) records across the arctic tree-line: a method for more precise vegetation reconstructions. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 25. Iss. 13–14. P. 1501–1516.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.12.002>
- Stančikaitė M., Zernitskaya V., Kluczynska G. et al. (2022) The Lateglacial and Early Holocene vegetation dynamics: New multi-proxy data from the central Belarus. *Quat. Int.* Vol. 630. P. 121–136.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.05.004>
- Stockmarr J. (1971) Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores.* Vol. 13. P. 615–621.
- Tarasov P.E., Savelieva L.A., Kobe F. et al. (2022) Lateglacial and Holocene changes in vegetation and human subsistence around Lake Zhizhitskoye, East European midlatitudes, derived from radiocarbon-dated pollen and archaeological records. *Quat. Int.* Vol. 623. P. 184–197.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.06.027>
- Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S. et al. (2012) Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy. *J. of Quat. Sci.* Vol. 27. Iss. 7. P. 649–659.
<https://doi.org/10.1002/jqs.2565>
- Wohlfarth B., Lacourse T., Bennike O. et al. (2007) Climatic and environmental changes in north-western Russia between 15,000 and 8000 cal yr BP: a review. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 26. Iss. 13–14. P. 1871–1883.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.04.005>
- constants. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 24. Iss. 5–6. P. 513–519.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.10.016>
- Grichuk V.P. (1961) Fossil floras as a paleontological basis for the stratigraphy of quaternary deposits. In: *Rel'ef i stratigrafiya chetvertichnykh otlozhenii severo-zapada Russkoi ravniny.* Moscow: AN SSSR (Publ.). P. 25–71 (in Russ).
- Grichuk V.P. (1982) Vegetation of Europe in Late Pleistocene. In: *Paleogeografiya Evropy za poslednie sto tysyach let (Atlas-monografiya).* Moscow: Nauka (Publ.). P. 92–109 (in Russ).
- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. (1948). Analiz iskopaemykh pyl'tsy i spor i ego primeneniye v paleogeografii (Analysis of fossil pollen and spores and its application in palaeogeography). Moscow: OGIZ, GEOGRAFGIZ (Publ.). 224 p (in Russ).
- Grimm E.C. (1987). CONISS: A FORTRAN77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Comput. Geosci.* Vol. 13. Iss. 1. P. 13–35.
[https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm E.C. (1990) TILIA and TILIA*GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data. In: *INQUA, Working Group on Data-Handling Methods, Newsletter.* Vol. 4. P. 5–7.
- Grimm E.C. (2004) TGView, Version 2.0.2. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center.
- Khotinski N.A. (1977). Golotsen Severnoi Evrazii (Holocene of the Northern Eurasia). Moscow: Nauka (Publ.). 200 p (in Russ).
- Khotinski N.A., Aleshinskaya Z.V., Guman M.A. et al. (1991) A new scheme for the periodization of landscape-climatic changes in the Holocene. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geografiyetskaya.* No. 3. P. 30–42 (in Russ).
- Kobashi T., Severinghaus J., Barnola J.-M. (2008) 4±1.5°C abrupt warming 11,270 yr ago identified from trapped air in Greenland ice. *Earth Planet. Sci. Lett.* Vol. 268. Iss. 3–4. P. 397–407.
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.01.032>
- Konstantinov E.A., Panin A.V., Karpukhina N.V. et al. (2021) The riverine past of Lake Seliger. *Water Resour.* Vol. 48. No. 5. P. 635–645.
<https://doi.org/10.1134/S0097807821050110>
- Kremenetski K.V., Borisova O.K., Zelikson E.M. (2000) The Late Glacial and Holocene history of vegetation in the Moscow region. *Paleontological J.* Vol. 34. Suppl. 1. P. S67–S74.
- Lapteva E.G. (2013) Subfossil spore-pollen spectra of modern vegetation of the Southern Urals. *Vestnik Bashkirskogo universiteta.* Vol. 18. No. 1. P. 77–81 (in Russ).
- Mazei N.G., Novenko E. Yu. (2021) The use of propionic anhydride in the preparation of samples for pollen analysis. *Nature Conservation Research. Zapovednaya Nauka.* Vol. 6. No. 3. P. 110–112 (in Russ.).
<http://doi.org/10.24189/ncr.2021.036>
- Naryshkina N.N., Borisova O.K., Konstantinov E.A., Panin A.V. (2022) Manifestations of short-term cooling during the Early Holocene in the west of the European Russia (based on data from comprehensive studies of

REFERENCES

- Borisova O., Naryshkina N., Panin A. (2024) Short-term climatic oscillations in the central region of the East-European Plain at the beginning of the Holocene based on palynological studies of lacustrine deposits. *Quaternary.* Vol. 7. Iss. 2. Paper 22.
<https://doi.org/10.3390/quat7020022>
- Borisova O.K., Naryshkina N.N., Konstantinov E.A., Panin A.V. (2022). Landscape and climate changes in the Preboreal in the Northwestern European Russia. *Geomorfologiya.* Vol. 53. No. 3. P. 19–28 (in Russ).
<http://doi.org/10.31857/S0435428122030051>
- Fiziko-geograficheskii atlas mira (Physiographic Atlas of the World) (1964) Moscow: AN SSSR i GUGK SSSR (Publ.). 299 p (in Russ).
- Fleitmann D., Mudelsee M., Burns S.J. et al. (2008) Evidence for wide-spread climatic anomaly at around 9.2 ka before present. *Paleoceanography.* Vol. 23. Iss. 1. P. 1A1102.
<https://doi.org/10.1029/2007PA001519>
- Grachev A.M., Severinghaus J.P. (2005) A revised +10±4°C magnitude of the abrupt change in Greenland temperature at the Younger Dryas termination using published GISP2 gas isotope data and air thermal diffusion

- lake sediments). In: *Aktual'nye problemy sovremennoi palinologii: Materialy XV Vserossiiskoi palinologicheskoi konferentsii*. Moscow: MGU im. M.V. Lomonosova, GEOS (Publ.). P. 236–240 (in Russ).
- Neustadt M.I. (1957) *Istoriya lesov i paleogeografiya SSSR v golotsene* (History of forests and paleogeography of the USSR in the Holocene). Moscow: AN SSSR (Publ.). 404 p (in Russ).
- Novenko E., Tsyganov A., Volkova E. et al. (2015) The Holocene palaeoenvironmental history of Central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region. *Quat. Res.* Vol. 83. Iss. 3. P. 459–468. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2015.03.006>
- Novik A., Punning J.-M., Zernitskaya V. (2010) The development of Belarusian lakes during the Late Glacial and Holocene. *Estonian J. of Earth Sci.* Vol. 59. Iss. 1. P. 63–79. <https://doi.org/10.3176/earth.2010.1.05>
- Rasmussen S.O., Andersen K.K., Svensson A.M. et al. (2006) A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *J. Geophys. Res.: Atmos.* Vol. 111. D06102. <https://doi.org/10.1029/2005JD006079>
- Rasmussen S.O., Bigler M., Blockley S.P. et al. (2014) A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: Refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 106. P. 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007>
- Rasmussen S.O., Vinther B.M., Clausen H.B., Andersen K.K. (2007) Early Holocene climate oscillations recorded in three Greenland ice cores. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 26. Iss. 15–16. P. 1907–1914. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.015>
- Rastitel'nost' evropeiskoi chasti SSSR (Vegetation of the European part of the USSR) (1980) Leningrad: Nauka (Publ.). 429 p (in Russ).
- Rastitel'nyi pokrov SSSR: poyasnitel'nyi tekst k "Geobotanicheskoi karte SSSR" 1:4000000 (Vegetation cover of the USSR: explanatory text to the "Geobotanical map of the USSR" 1:4000000) (1956) Moscow-Leningrad: USSR Acad. of Sci. Publ. Vol. 1. 460 p (in Russ).
- Sapelko T., Kalińska E., Kuznetsov D. et al. (2022) Holocene history of the lake and forest island ecosystem at and around Lake Seliger, Valdai Hills (East European Plain, Russia). *Int. J. Earth Sci.* Vol. 111. P. 1947–1960. <https://doi.org/10.1007/s00531-022-02210-4>
- Seppä H., Hicks S. (2006) Integration of modern and past pollen accumulation rate (PAR) records across the arctic tree-line: a method for more precise vegetation reconstructions. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 25. Iss. 13–14. P. 1501–1516. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.12.002>
- Stančikaitė M., Zernitskaya V., Kluczynska G. et al. (2022) The Lateglacial and Early Holocene vegetation dynamics: New multi-proxy data from the central Belarus. *Quat. Int.* Vol. 630. P. 121–136. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.05.004>
- Stockmarr J. (1971) Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores.* Vol. 13. P. 615–621.
- Tarasov P.E., Savelieva L.A., Kobe F. et al. (2022) Lateglacial and Holocene changes in vegetation and human subsistence around Lake Zhizhitskoye, East European midlatitudes, derived from radiocarbon-dated pollen and archaeological records. *Quat. Int.* Vol. 623. P. 184–197. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.06.027>
- Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S. et al. (2012) Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy. *J. of Quat. Sci.* Vol. 27. Iss. 7. P. 649–659. <https://doi.org/10.1002/jqs.2565>
- Wohlfarth B., Lacourse T., Bennike O. et al. (2007) Climatic and environmental changes in north-western Russia between 15,000 and 8000 cal yr BP: a review. *Quat. Sci. Rev.* Vol. 26. Iss. 13–14. P. 1871–1883. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.04.005>
- Zernitskaya V.P., Zhukhovitskaya A.L., Vlasov B.P. et al. (2001) Ozero Dolgoe (sedimentogenez, stratigrafiya donnykh otlozhenii i etapy razvitiya) (Lake Dolgoe (sedimentogenesis, stratigraphy of bottom sediments and stages of development)). Minsk: In-t geol. nauk (Publ.). 82 p (in Russ).