

НАУКИ О ЗЕМЛЕ**EARTH SCIENCES**

УДК 551.87(476)

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-5-584-596>

Поступило в редакцию 18.01.2019

Received 18.01.2019

В. П. Зерницкая¹, Е. Ю. Новенко², М. Станчикайте³, Б. П. Власов⁴¹*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*²*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация*³*Институт геологии и географии, Центр природных исследований, Вильнюс, Литва*⁴*Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь***ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ
И ГОЛОЦЕНЕ НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ***(Представлено академиком А. В. Матвеевым)*

Аннотация. Реконструкция изменений окружающей среды на юго-востоке Беларуси в течение последних 14,7 тыс. кал. л. н. основана на результатах палинологических, радиоуглеродных, изотопных и литологических исследований отложений оз. Старое. Климатические колебания, пожары и деятельность человека играли значительную роль в преобразовании растительного покрова. Начало озерного седиментогенеза датируется около 16,0 тыс. кал. л. н. Усиление эрозионных процессов на водосборе было отмечено повышенным поступлением минерального материала в озеро. Эти события в позднеледниковье и раннем голоцене имеют положительную корреляцию с фазами похолодания и увлажнения климата, а в позднем голоцене с этапами антропогенного воздействия. Следы эпизодической деятельности человека установлены с ~5,8 тыс. кал. л. н., а начало земледелия и расширение пастбищных площадей с 3,0 тыс. кал. л. н. В настоящее время последствия хозяйственной деятельности человека (включая осушение болот) иллюстрируют безлесные ландшафты, прилегающие к озеру.

Ключевые слова: палинология, стабильные изотопы, влияние человека, пожары, позднеледниковье, голоцен

Для цитирования: Изменения окружающей среды в позднеледниковье и голоцене на юго-востоке Беларуси / В. П. Зерницкая [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 5. – С. 584–596. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-5-584-596>

Valentina P. Zernitskaya¹, Elena Yu. Novenko², Migle Stančikaitė³, Boris P. Vlasov⁴¹*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*³*Institute of Geology and Geography, Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania*⁴*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus***ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE LATE GLACIAL
AND HOLOCENE IN THE SOUTHEAST OF BELARUS***(Communicated by Academician Aleksey V. Matveev)*

Abstract. The reconstruction of environmental changes in the southeast of Belarus during the last 14700 cal. BP is based on the results of palynological, radiocarbon, isotope and lithological studies of Lake Staroje deposits. Climatic fluctuations, fires and human activities played a significant role in the transformation of the vegetation cover. The beginning of the lacustrine sedimentation was dated circa 16000 cal. BP. The intensification of erosion processes on the water catchment area was marked by an increase in the mineral material flow into the lake. These events have a positive correlation with the climate cooling and humidity phases in the Late Glacial and Early Holocene, and in the Late Holocene with anthropogenic impact stages. The traces of the episodic human activity were dated to 5800 cal. BP, while the expansion of farming and pasturing areas began at 3000 cal. BP. Currently the consequences of human activities (including drainage of bogs) are reflected in the treeless landscapes adjacent to the lake.

For citation: Zernitskaya V. P., Novenko E. Yu., Stančikaitė M., Vlasov B. P. Environmental changes in the Late Glacial and Holocene in the southeast of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2019, vol. 63, no. 5, pp. 584–596 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-5-584-596>

Введение. Определение реакции окружающей среды на глобальные климатические изменения и деятельность человека являются одной из актуальных научных проблем, которой занимаются специалисты различных научных направлений [1–4]. Используются для этих целей и палеоботанические данные, полученные при изучении отложений современных озер и болот Беларуси, при этом определение возраста отложений, в основном, базируется на палинологической стратиграфии. К настоящему времени известно не более 10 разрезов, в которых проведены комплексные исследования высокого разрешения, позволяющие восстановить временную картину динамики природной среды [5; 6]. Юго-восточный регион страны в этом отношении до сих пор практически не был изучен. Первые данные, связанные с исследованием позднеледникового этапа развития этой территории были получены авторами в 2014 [7]. Целью новых работ, результаты которых приводятся ниже, является реконструкция динамики окружающей среды в течение позднеледникового и голоцена, а также выявление роли человека в преобразовании естественных ландшафтов юго-восточной Беларуси.

Материалы и методы исследования. Озеро Старое (52°51' с. ш., 30°54' в. д., 129,5 м н. у. м.) расположено в Чечерском районе Гомельской области (рис. 1). Рельеф окружающей территории сформирован во время днепровской стадии Припятского оледенения. Четвертичные отложения мощностью 20–50 м подстилаются палеоген-неогеновыми и верхнемеловыми породами [8]. Озеро занимает пониженный участок рельефа в пределах долины стока ледниковых вод. Площадь озера 0,63 км², длина 1,1 км, ширина 0,8 км. Лесные массивы вблизи водоема отсутствуют. Облесенность территории в радиусе 20 км составляет не более 20 %. На расстоянии 3,5 км к юго-востоку от озера, в пределах долины р. Сож расположена палеолитическая стоянка.

При проведении буровых работ были вскрыты следующие отложения (м): 0–1,50 – ил гелеобразный, черного цвета; 1,50–3,20 – сапропель черный, грубодетритовый; 3,20–3,50 – сапропель слабо карбонатный, с чередованием темно-серых и черных слоев; 3,50–4,30 – сапропель оливковый, карбонатный, слоистый, со следами вивианита; 4,30–6,00 – известь светло-серая, озерная, с включениями вивианита, на глубине 4,75–4,77, 5,30–5,34 и 5,45–5,50 м опесчаненная; 6,00–6,35 – ил черный опесчаненный, карбонатный (чередование черных органических слоев с буровато-серым песком); 6,35–6,40 – сапропель карбонатный, слоистый, от темно-серого до черного цвета, с включениями вивианита; 6,40–6,54 – сапропель карбонатный, слоистый, с чередованием сизовато-серых и ржавых слоев; 6,54–7,03 – сапропель карбонатный, слоистый, от тем-

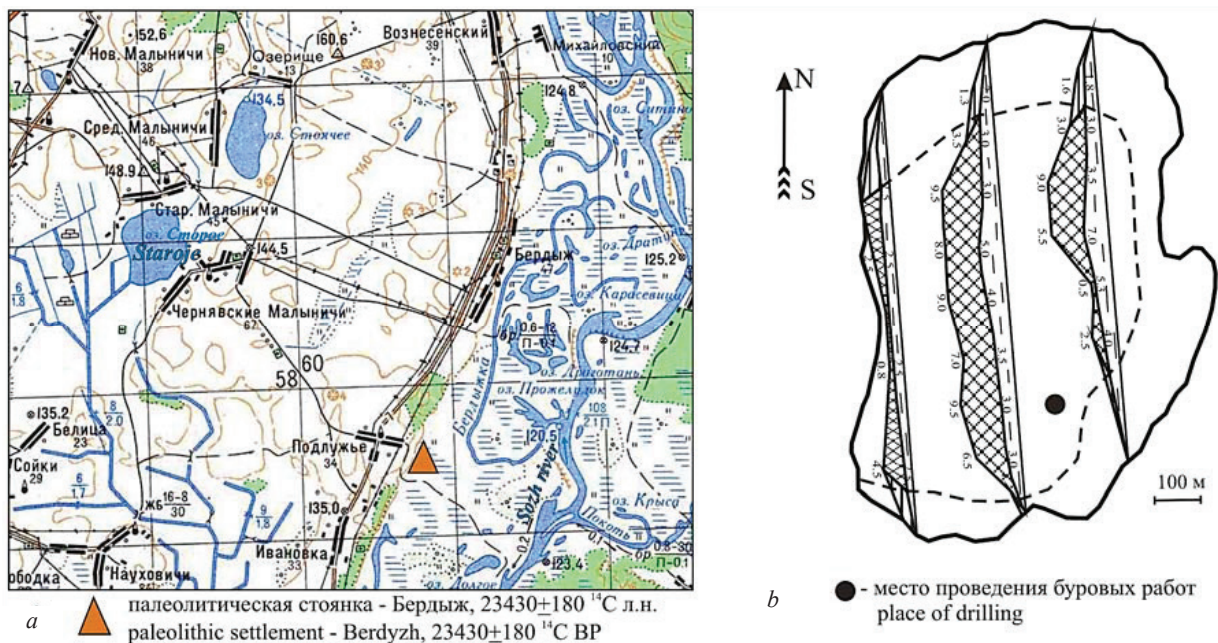


Рис. 1. Локализация оз. Старое в бассейне р. Сож (а), схема мощностей донных отложений (б)

Fig. 1. Localization of the Lake Staroje in the basin of the river Sozh (a), the scheme of bottom sediment volumes (b)

но-серого до черного и сизого цветов; 7,03–7,06 – песок серый, разнотернистый; 7,06–7,14 – супесь желтовато-серая, слабо карбонатная; 7,14–7,28 – суглинок желтовато-серый, слабо карбонатный, в интервале 7,22–7,28 со следами органики; 7,28–7,32 – супесь желтовато-серая; 7,32–7,35 м – песок желтовато-серый, крупно- и среднетернистый, с включениями гальки. По всей толщине отложений встречаются прослойки с угольными частицами.

Описанный разрез был изучен комплексом методов. При проведении геохимических исследований (каждые 5 см керн) процентное содержание органического вещества (ОВ), некарбонатной минеральной составляющей и карбонатов (CaCO_3) определялось по потере веса при прокаливании. Содержание стабильных изотопов ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) измерялось путем анализа углекислого газа на масс-спектрометре, при реакции карбоната со 100 % H_3PO_4 . Результаты выражались в промиллях по отношению к стандарту PDB и имеют аналитическую точность +0,1 ‰ для $\delta^{13}\text{C}$ и +0,2 ‰ для $\delta^{18}\text{O}$. Эти исследования выполнены в Институте геологии и географии Центра природных исследований Литвы [6].

Радиоуглеродное датирование (^{14}C) отложений сцинтилляционным методом проведено в лаборатории ГП «НПЦ по геологии» (г. Минск, IGS), ^{14}C даты, полученные методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS), – в лабораториях г. Познань (Польша, Poz), Института географии РАН и Центра изотопных исследований Университета Джорджии (США) (IGAN, UGAMS). Для калибровки ^{14}C дат использовалась калибровочная кривая IntCal13 [9].

Палинологические исследования проводились по образцам керн отобранного через 2 (3,00–7,35 м) и 5 (0–3,00 м) см. Химическая обработка выполнена традиционным методом [10], подсчет спорово-пыльцевого материала в препарате составлял не менее 500. Препараты некоторых образцов содержали менее 100 зерен, в таком случае присутствие различных микрофоссилий отмечено знаком «+» на диаграмме. Процентное содержание пыльцы древесной и травянистой растительности рассчитывалось от общей суммы древесных, кустарниковых пород (AP) и наземных трав (NAP) – $\text{AP} + \text{NAP} = 100\%$. Процент представителей водной и споровой растительности вычислялся от $\text{AP} + \text{NAP} +$ сумма водных либо споровых растений. Все расчеты и построения выполнены в программе TILIA [11], а концентрация пыльцы рассчитывалась с использованием таблеток *Lycopodium* [12].

Выделение этапов антропогенного влияния базировалось на соотношении общего содержания пыльцы AP к NAP и анализе состава пыльцы травянистых растений [13].

Микроскопические угольные частицы подсчитывались в образцах, изученных спорово-пыльцевым методом. Находки угольных частиц обычно связывают с локальными и региональными пожарами, вызванными аридизацией климата и/или антропогенным фактором. Обработка полученных значений концентрации угольных частиц осуществлялась в программе CharAnalysis [14]. Программа позволяет на основе выборки из полученных данных концентрации угля в озерной колонке выделить фоновые и рассчитать пиковые значения их концентрации. Под фоновыми значениями понимаются низкочастотные колебания, отражающие сигналы пожарной динамики и переотложения ранее выпавшего угля. Пиковые значения показывают локальный сигнал и являются индикаторами пожаров на территории вблизи озера. На диаграмме знаком «+» обозначена серия пожаров или крупный пожар, во время которых происходит поступление угольных частиц.

Реконструкция лесистости региона в течение голоцена проводилась на основе «метода лучших аналогов», который базируется на данных изучения современных пыльцевых спектров и поиска аналогов по спутниковым данным MODIS (данные спектрометра среднего пространственного разрешения) [3].

Климатостратиграфические подразделения выделены согласно схеме J. Mangerud [15] и климатическим событиям, установленным в ледниковых кернах Гренландии [1].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований отложений оз. Старое представлены на совмещенной диаграмме (рис. 2). Возрастная шкала строилась по данным ^{14}C датирования (таблица) на основе линейной интерполяции. Датировки, полученные по органическим остаткам из карбонатных отложений, предполагают удревание возраста вследствие резервуарного эффекта. В связи с этим коррекция дат может быть проведена по аналогии с Гренландскими ледни-

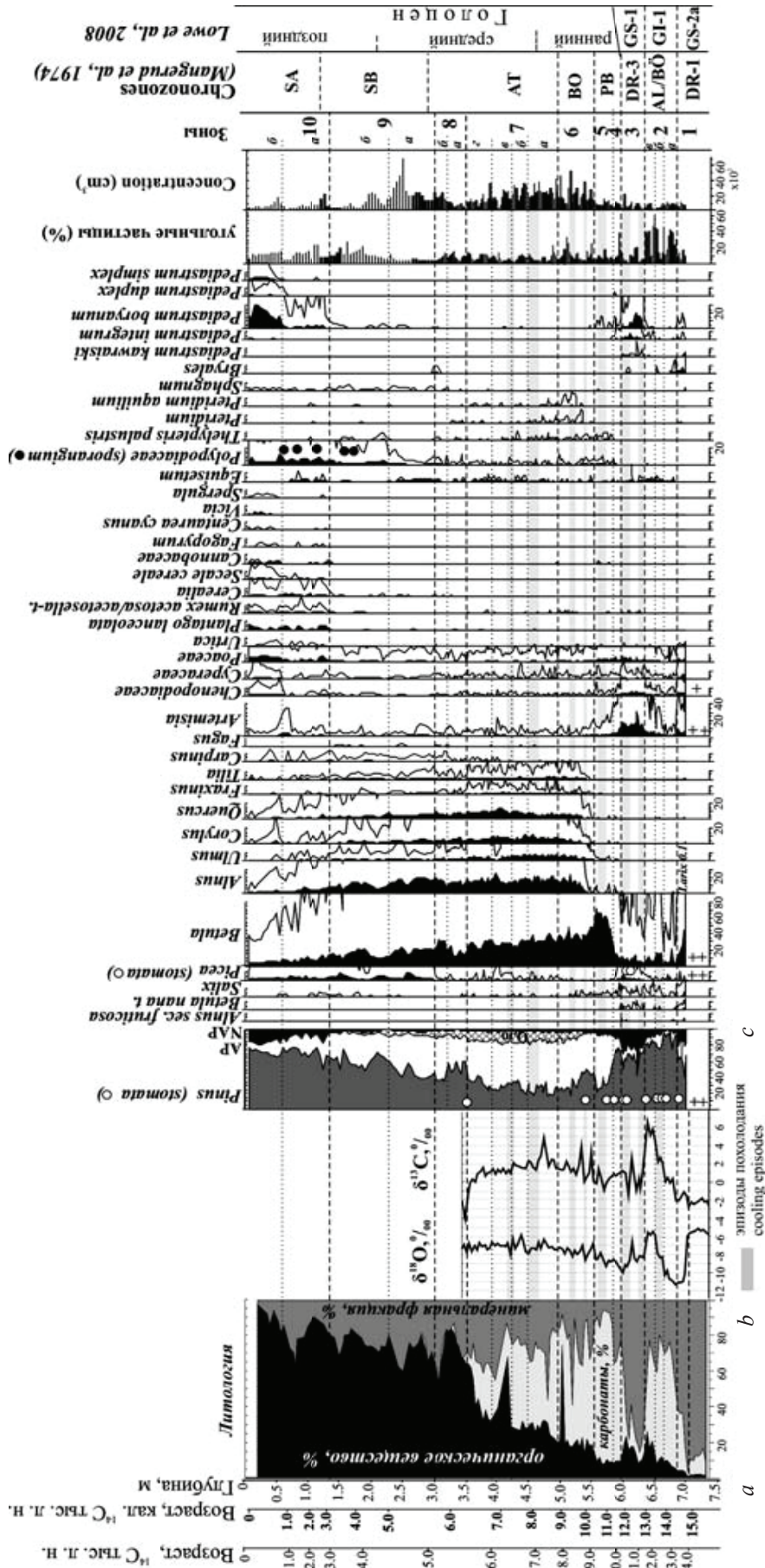


Рис. 2. Корреляция литологических (а), изотопных (b), пыльцевых и не пыльцевых (с) данных из отложений оз. Старое

Fig. 2. Correlation of lithological (a), isotope (b), pollen and non-pollen (c) data in deposits of the Lake Staroje

ковыми скважинами, в которых основные климатические события имеют четкую хронологическую привязку [1]. Начало бёллинговского потепления (ВÖ) в этих скважинах датируется 14700 кал. л. н., в то время как базальный слой отложений (7,00–7,02 м) в изученном разрезе датирован 14120 ± 70 ^{14}C л. н. (17450–16940 кал. л. н.), что указывает на удревнение возраста ~2500 лет. Однако датированный слой отложений лежит ниже биостратиграфического уровня ВÖ интерстадиала (6,87 м), поэтому для отложений на глубине 6,87 м при построении возрастной шкалы был использован возраст 14700 кал. л. н. ^{14}C даты на глубине 5,94 и 6,32 м практически идентичны, что, вероятно, обусловлено процессами переотложения при оттаивании мерзлотных грунтов на рубеже позднего дриаса (DR-3) и голоцена (PB). Инверсия дат наблюдается в интервале 2,30–3,05 м, учитывая это, при расчете возраста использовалась AMS датировка.

Радиоуглеродный возраст отложений оз. Старое
Radiocarbon ages of Lake Staroje sediments

Глубина (м)	^{14}C л. н. (BP)	Калиброванный возраст		Метод	Материал	Лаб. номер
		кал. BP (95 %)	BC/AD			
25–35	105 ± 40	360–40	1590–1990 AD	Обычный	Органика	IGS-1560
1,30–1,35	3030 ± 25	3360–3160	1410–1210 BC	AMS	– // –	IGAN-5344, UGAMS-24643
2,00–2,05	4195 ± 125	5030–4390	3090–2450 BC	Обычный	– // –	IGS-1563
2,25–2,30	4500 ± 25	5201–5047	3160–3270 BC	AMS	– // –	IGAN-5343, UGAMS-24642
3,00–3,05	4390 ± 140	5420–4660	3470–2710 BC	Обычный	– // –	IGS-1561
3,98–4,03	6030 ± 100	7180–6620	5240–4680 BC	Обычный	– // –	IGS-1562
5,54–5,56	9140 ± 50	10483–10220	8510–8230 BC	AMS	– // –	Poz-58614
5,94–5,96	11260 ± 60	13262–13033	11330–11090 BC	AMS	– // –	Poz-58616
6,30–6,32	11210 ± 60	13210–12931	11330–11050 BC	AMS	– // –	Poz-58617
7,00–7,02	14120 ± 70	17450–16940	15600–15080 BC	AMS	– // –	Poz-58619

Результаты палинологических исследований представлены на сокращенной диаграмме (рис. 2, с). Позднеледниковая часть разреза (локальные пыльцевые зоны, LPAZ 1-3) детально описана в предыдущих исследованиях [6], поэтому в этом сообщении приводится их краткая характеристика.

LPAZ (1) *Betula-Pinus*-NAP (6,87–7,03 м) выделена по высоким значениям пыльцы *Betula* (макс. 44 %), присутствию *Betula nana*, *Alnus fruticosa*, *Salix*, *Juniperus*, *Ephedra distachya*. Содержание пыльцы *Pinus* – 40–60 % (*P. sylvestris*, *P. strobus* t.), *Picea* – <1 %. Сумма NAP – 16 % (*Artemisia*, Роасеае, Сурерасеае), спорадично отмечена пыльца *Dryas octopetala* и споры *Selaginella selaginoides*. Мхи (*Bryales*) и водоросли (*Pediastrum*) присутствуют постоянно, выявлены устьица сосны (*Pinus stomata*) и дочетвертичные споры.

LPAZ (2) *Pinus* (6,35–6,87 м) – доминирует *Pinus* (до 85 %), сокращаются значения пыльцы *Betula* (до 4 %) и *Betula nana*. Сумма NAP составляет 1 % в начале (подзона «а») и 17 % в конце (подзона «в») зоны. Водная растительность представлена пыльцой *Typha latifolia*, *T. angustifolia* и *Myriophyllum*. В подзоне «б» отмечен подъем значений *Betula* и *Salix*.

LPAZ (3) *Picea-Artemisia* (5,97–6,35 см) – характеризуется кульминацией пыльцы NAP (47 %) при господстве *Artemisia*, Роасеае и *Chenopodiaceae*. Содержание пыльцы AP падает до 53 %, при этом участие *Picea* и *Betula nana* повышается, присутствуют устьица хвойных деревьев.

LPAZ (4) *Pinus* (5,80–5,97 м). Для зоны характерно господство пыльцы AP (90 %) и падение значений NAP (6,6 %). Содержание пыльцы *Pinus* возросло до 76 %, а *Picea* уменьшилось до 0,3 %, спорадично отмечена пыльца *Ulmus*, *Alnus*, *Corylus*. Падает показатель водорослей *Pediastrum*.

LPAZ (5) *Betula* (5,50–5,80 см). В спектрах преобладает пыльца *Betula* (71 %), повышаются значения *Ulmus* (0,6 %), присутствует *Alnus*. Среди трав господствует пыльца семейств Роасеае, а среди споровых растений – папоротники (Polypodiaceae).

LPAZ (6) *Alnus-Corylus-Ulmus-Quercus* (5,00–5,50 м) – сокращаются значения пыльцы *Betula* (до 29 %), возрастают показатели *Alnus* (до 20 %), *Corylus* (6 %), *Ulmus* (до 7 %), *Quercus* (6,6 %),

Tilia (3,5 %), *Fraxinus* (0,6 %). Содержание NAP – 2–5 %. Впервые выявлены споры *Pteridium aquilinum*.

LPAZ (7) *Ulmus-Quercus-Tilia-Fraxinus* (3,50–5,00 м) выделена по росту содержания микрофоссилий *Quercus* (11 %), *Tilia* (7,5 %), *Fraxinus* (2,3 %), *Ulmus* (7,5 %) и высоким показателям *Alnus* (15–25 %), *Corylus* (4–12 %). Среди трав доминирует пыльца Poaceae, появляется *Plantago lanceolata*, присутствует *Rumex acetosa/acetosella*. В подзоне «а» фиксируется падение значений пыльцы *Tilia*, *Quercus*, *Fraxinus* и рост показателей ели (*Picea* 0,2–0,9 %); в подзоне «в» – увеличение доли *Picea* (1,9 %), появление *Carpinus* и сокращение *Ulmus*; в подзоне «г» – падение содержания пыльцы *Picea*.

LPAZ (8) *Pinus-Quercus-Carpinus* (3,00–3,50 м). В подзоне «а» возрастают значения пыльцы *Pinus* (до 60 %), сокращаются показатели *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Alnus* и *Corylus*. В подзоне «б» отмечено увеличение содержания *Betula* (32,3 %) и *Carpinus* (1,4 %).

LPAZ (9) *Pinus-Picea-Quercus-Carpinus* (1,35–3,00 м) характеризуется подъемом значений *Picea* (8,3 %) и *Carpinus* (1,2 %), доля пыльцы *Q. m.* падает. Среди трав в подзоне «а» повышается роль пыльцы Poaceae и *Artemisia*, присутствует *Plantago lanceolata*. В подзоне «б» преобладают споры Polypodiaceae, отмечена пыльца *Cerialia*.

LPAZ (10) *Pinus-Picea-NAP* (0–1,35 см) выделена по доминированию *Pinus*, *Picea* и росту NAP (20 %). В подзоне «а» регистрируется увеличение значений *Cerialia* и Poaceae, отмечена пыльца *Fagopyrum*, *Polygonum convolvulus* и др. В подзоне «б» повышается содержание пыльцы *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Urtica*, а также *Cerialia*, *Secale cereale* и *Fagopyrum*, *Centaurea cyanus*, *Vicia*, *Spergula*, *Rumex acetosella*.

Изотопный состав кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) и углерода ($\delta^{13}\text{C}$) в аутигенном кальците. Величины $\delta^{18}\text{O}$ в валовых карбонатах осадков оз. Старое варьируют от –11,30 до –5,41 ‰_{PDB}, а величины $\delta^{13}\text{C}$ – от –4,03 до +7,06 ‰_{PDB} (рис. 2, б). Информативными относительно динамики природных обстановок являются те части изотопных кривых, которые получены по осадкам, содержащим в составе карбонатов преимущественно их аутигенную (а не обломочную) фазу. Индикатором пригодности данных для интерпретации изотопных соотношений является обобщенная диаграмма состава отложений (рис. 2, а). Можно допустить, что отложения, содержащие менее 30 % карбонатов в составе минеральной части в интервалах глубин 6,02–6,34 и 7,03–7,32 м несут преимущественно изотопный сигнал обломочных карбонатов (известняков девона и мелов верхнего мела). Величины $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в таких карбонатах изменяются от –5,64 до –5,12 ‰ и от –1,73 до –2,5 ‰ соответственно. На большей части разреза величины $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ прямо коррелируют между собой, что нарушается лишь на отрезках 5,87–6,08 м и ниже 6,90 м. Это указывает на то, что бассейн осадконакопления на изучаемом отрезке его истории характеризовался весьма медленным водообменом. Об этом свидетельствуют высокие значения $\delta^{13}\text{C}$ (вплоть до +7,06 ‰), достигающие и даже несколько превышающие максимально возможные при полном равновесии с изотопным составом углерода атмосферного CO_2 (+4 – +5 ‰). Такие диапазоны величин $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ и их ковариация указывают на то, что изменения изотопного состава кислорода контролировались главным образом гидрологическим режимом водоема (влажностью климата), а не вариациями температуры воздуха. Однако, как показали исследования Н. А. Махнача по территории Беларуси [4; 5], относительно теплым климатическим этапам позднеледниковья и голоцена была свойственна пониженная эффективная влажность (из-за более интенсивного испарения), а относительно холодным – повышенная. Поэтому кривая $\delta^{18}\text{O}$ содержит также и палеотемпературную информацию.

Согласно возрастной шкале, построенной для разреза оз. Старое, отложения на глубине 6,87–7,03 м, которым соответствует LPAZ 1, были сформированы в конце позднепоозерского пленигляциала (GS-2a или DR-1). В карбонатных осадках значительная роль принадлежала обломочным зернам, поэтому величины $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ мало информативны в палеоклиматическом отношении. Выше по разрезу в отложениях (6,35–6,87 м), аккумулярованных во время гренландского интерстадиала – GI-1 (BÖ-AL), значения $\delta^{18}\text{O}$ (–11,30 – –9,81 ‰) в нижней части (LPAZ 2, подзона 2 а) намного ниже, чем в верхней (подзона 2 в, –8,32 – –5,41 ‰) (рис. 2, а). Эта конфигурация изотопно-кислородной кривой существенно отличается от конфигурации гренландских кривых для

предполагаемого хроностратиграфического аналога, где ВÖ выступает заметно более теплым интервалом, чем АL [1]. В нашем случае первому сильному позднеледниковому потеплению (ВÖ) соответствуют изотопно-легкие по кислороду («холодные») карбонаты (6,64–6,87 м). В бёллинге началось активное таяние многолетней мерзлоты и развитие криогенных процессов. Поэтому средой осаждения карбонатов в воде озера были не относительно тяжелые по кислороду («теплые») атмосферные осадки интерстадиала, а талые воды древних мерзлотных грунтов, несущие реликтовый изотопный сигнал (весьма низкие значения $\delta^{18}\text{O}$) ледниковой эпохи. К началу аллерёда (подзона 2 в) активный эпизод таяния мерзлоты завершился, и значения изотопного состава кислорода резко увеличились. Для аллерёдского потепления (АL) характерен отчетливый положительный сдвиг $\delta^{18}\text{O}$ на глубине 6,33–6,53 м. На протяжении аллерёда трофический статус озера повысился, что способствовало формированию карбонатов с высокими значениями $\delta^{13}\text{C}$ (до +7,06 ‰). Эти величины выше, чем допустимые при полном равновесии с атмосферным углеродом (+4 – +5 ‰). Дополнительное утяжеление примерно на 2 ‰ могло произойти из-за избирательной утилизации изотопно-легкого углерода водными растениями и поступления оставшейся изотопно-тяжелой части в карбонаты. В пользу этого свидетельствует повышение содержания ОВ и появление пыльцы водных растений.

Похолодание среднего дриаса, которое регистрируется в изотопных кривых Гренландских скважин (GI-1d ~13900–14050 кал. л. н.), выражено слабо. Приостановка роста значения $\delta^{18}\text{O}$ и падение $\delta^{13}\text{C}$ фиксируется в подзоне 2 б одновременно с увеличением содержания пыльцы *Betula*.

В отложениях (5,97–6,35 см), возраст которых соответствует позднедриасовому похолоданию (LPAZ 3), выявлено значительное увеличение терригенной составляющей, что указывает на усиление эрозии на водосборе. В связи со снижением интенсивности карбонатонакопления вариации величин $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ мало информативны, так как карбонаты представлены почти полностью обломочной фракцией. Единственным событием, распознаваемым в этих осадках, является положительный пик $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ примерно в середине зоны 3, что можно сопоставить с кратковременным потеплением (6,18–6,20 м). Одновременно с падением значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в отложениях выражено четкое чередование сезонных илистых и песчаных слоев и рост ОВ в начале и в конце зоны. В нижнем и верхнем участках зоны 3 падение значений $\delta^{13}\text{C}$ можно объяснить притоком поверхностных вод в озеро из-за появления мерзлотных толщ. В пыльцевых спектрах этому похолоданию соответствует широкий положительный пик NAP, рост значений *Picea*, *Betula nana*, *Salix*.

В начале голоцена в отложениях (LPAZ 4, 5) отмечается тренд повышения величины $\delta^{18}\text{O}$ с несколькими разнонаправленными флуктуациями (зона 5). Изотопные данные по зоне 4 указывают на повышение температурного режима и падение уровня воды в озере. По отрицательным вариациям $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ и падению значений ОВ в зоне 5 можно предположить ухудшение климатической обстановки. Вероятно, это холодное событие соответствует пребореальной (PB) осциляции климата. В пыльцевых спектрах этому похолоданию отвечает пик пыльцы *Betula*.

В аккумуляциях, сформированных в течение бореального (BO) этапа (LPAZ 6), отмечено пульсирующее увеличение поступления терригенного материала, что предполагает активизацию эрозионных процессов, связанных с гидрологическими и климатическими колебаниями. На этом отрезке отмечены как положительные, так и отрицательные флуктуации $\delta^{18}\text{O}$ (–8 – –6,5 ‰) и $\delta^{13}\text{C}$ (0 – +5 ‰). Последние, вероятно, отражают эпизоды похолодания, установленные в водах ледниковых кернов Гренландии около 9,3 и 10,2 тыс. кал. л. н., которые по продолжительности не превышали 100 лет [1]. В конце зоны условия осадконакопления стабилизировались, значения минеральной фракции сократились, показатели ОВ возросли.

В отложениях на глубине 3,5–5,0 м (LPAZ 7) по вариациям изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ можно выделить два этапа, связанных с похолоданием и увеличением влажности климата. На глубине 4,50–4,75 м (рис. 2, а) вновь активизировалось поступление терригенного материала, отмечен продолжительный отрицательный сдвиг $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$, в пыльцевых спектрах возрастают значения ели (*Picea*). Вероятно, это похолодание соответствует холодному событию около 8200 кал. л. н. [1]. Выше по разрезу (4,50–4,30 м) роль терригенной составляющей падает, фиксируются более вы-

сокие значения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$, что может соответствовать термическому максимуму голоцена (7400–7900 кал. л. н.). Второй эпизод похолодания отмечен на глубине 4,24 м (отрицательный сдвиг кривых $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$). По данным пыльцевых исследований ему соответствует рост значений пыльцы *Picea* и падение *Ulmus* (подзона 7 в). С глубины 3,77 м (подзона 7 з) содержание карбонатов в отложениях сокращается от 30 до 5,4 % на глубине 3,45 м, поэтому колебания изотопного состава как углерода, так и кислорода не могут быть однозначно интерпретированы. Состав отложений на глубине 3,45–0 м характеризуется скачкообразным повышением содержания ОВ, что указывает на повышение трофности водоема, о чем свидетельствует и подъем значений *Pediastrum*. Отдельные уровни с увеличением доли минерального материала могли быть связаны с деятельностью человека.

Концентрация угольных частиц. Анализ содержания угольных частиц показал значительное присутствие этого материала в отложениях, сформированных в интервале от 13,2 до 15,0 тыс. кал. л. н. (рис. 2). Высокая концентрация этих частиц в позднеледниковых аккумуляциях связана с поступлением этого материала в озерную котловину при деградации мерзлоты и таянии снежного покрова. Однако нельзя исключить вероятность пожаров во время аллёрдского потепления (13,2–13,5 тыс. кал. л. н.), которые могли быть вызваны как естественными причинами, так и человеком. Такое предположение базируется на археологических данных, согласно которым территория исследования была заселена древними людьми до наступления максимальной стадии поозерского оледенения (рис. 1), а в бёллинге и позднем дриасе стоянки финального палеолита были сосредоточены в бассейнах Сожа и Днепра.

В голоцене выделяются кратковременные интервалы с повышенным поступлением угольной пыли в озерную котловину. При корреляции содержания угольных микрочастиц с изотопными данными прослеживается следующая закономерность: холодным и влажным фазам соответствует падение содержания угольных частиц, в течение теплых и сухих фаз наблюдается обратная закономерность (рис. 2). Эти данные указывают на увеличение количества естественных пожаров, обусловленных сухостью климата. В постоптимальное время выделение естественных пожаров затрудняется усилением антропогенного воздействия на окружающую среду.

Обработка полученных значений концентрации угольных частиц и реконструкция лесистости региона в голоцене отражены на рис. 3. Анализ полученных данных позволил выделить крупные пожары или серии пожаров в интервалах: 10200–9000, 7900–7600, 6800–6400, 3000–2700 кал. л. н., а также на уровнях 5200, 4500, 3800 и после 800 кал. л. н. На пыльцевой диаграмме с этапами пожарной активности коррелирует падение значений пыльцы сосны, указывая на то, что именно сосновые и широколиственно-сосновые леса в большей степени были подвержены возгоранию. Уменьшение значений пыльцы ели не имеет четкой корреляции с этими событиями, что можно объяснить экологическими условиями произрастания данной породы. Еловые сообщества, вероятно, занимали наиболее увлажненные экотопы в пониженных частях рельефа и в окрестностях болот. После пожаровых событий отмечается сокращение лесных площадей (рис. 3), а восстановление лесного покрова начиналось с распространения вторичных березовых и сосновых лесов.

Хронология событий. Результаты исследования отложений оз. Старое позволяют выделить основные этапы осадконакопления и изменения растительности на юго-востоке Беларуси в позднеледниковье и голоцене.

>14700 кал. л. н. Формирование озерной котловины и аккумуляция карбонатных отложений началась в конце плейстоцена, что было связано с проявлением термокарстовых процессов. Растительность того времени была представлена кустарниковой тундрой (*Betula nana*, *Alnus fruticosa*, *Salix*) с присутствием древовидных форм сосны.

14700–13000 кал. л. н. Теплому позднеледниковому интерстадиалу (GI-1), который включает бёллинг и аллёрд с двумя похолоданиями между 14050–13900 и 13250–13050 кал. л. н. [1], соответствуют данные LPAZ 2. В течение бёллинга продолжались процессы таяния мерзлоты, что способствовало подъему уровня озера, поступлению переотложенного материала и угольных частиц в озерную котловину [6]. Потепление климата способствовало быстрому распространению светлых сосновых лесов, в которых роль березовых ассоциаций повышалась во время

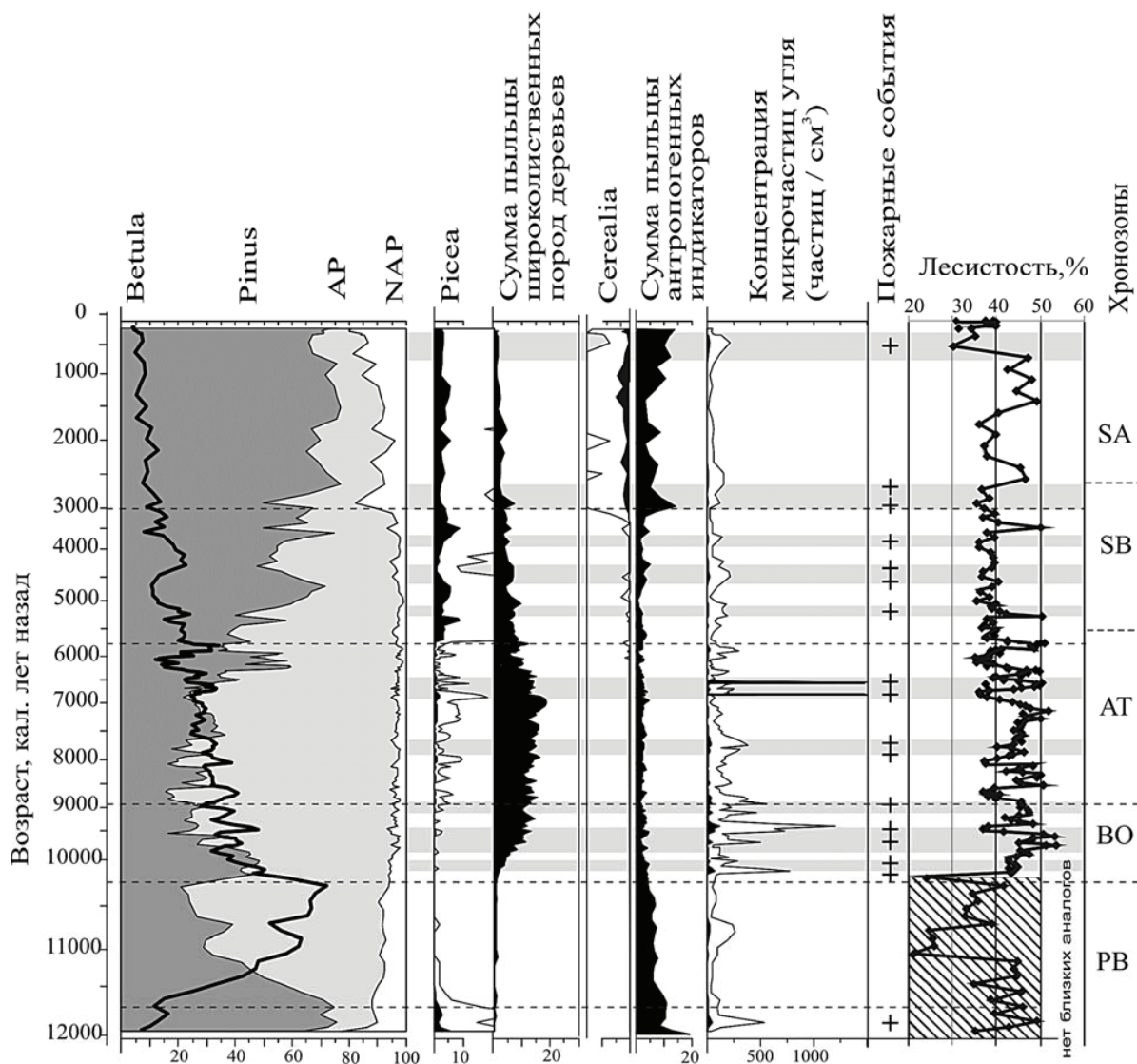


Рис. 3. Динамика частоты пожаров и лесистости региона в окрестностях оз. Старое

Fig. 3. Dynamic of the fire events and forest coverage at the vicinity of the Lake Staroje

среднедриасового похолодания (GI-1d, DR-2). О теплых и аридных условиях аллерёда свидетельствуют данные изотопных и пыльцевых исследований, высокая частота пожаров. Учитывая, что лесной покров на окружающей территории был представлен сосновым лесом, высокое содержание микрочастиц угля может быть признаком региональных пожаров, так как именно эта порода наиболее подвержена воспламенению. Похолодание климата в конце позднеледникового интерстадиала (осцилляция Герцензее, 13250–13050 кал. л.), обозначено на пыльцевой диаграмме началом подъема рациональных кривых пыльцы *Picea* и *Artemisia*.

13000–11700 кал. л. н. Резкое ухудшение климата в позднем дриасе маркируется литологическими, изотопными и пыльцевыми данными. Характер отложений и появление в них водорослей *Pediastrum kawraiskyi* свидетельствуют о незначительной глубине холодного водоема [6]. В растительном покрове расширились пространства, покрытые травянистой растительностью с доминированием полыни (*Artemisia*). Обычно высокое содержание *Artemisia* сопоставляют с холодным и сухим климатом. Однако увеличение содержания пыльцы ели (*Picea*) свидетельствует о достаточно влажных условиях, а находки устьиц сосны и ели – о произрастании этих древесных пород вблизи водоема. В связи с этим распространение полыни могло быть обусловлено нарушениями почвенного покрова в результате активизации эрозионных процессов, что под-

тверждается повышенным поступлением минерального материала в озерную котловину. В сосновом редколесье возросло участие ели, расширились площади, покрытые степным разнотравьем и представителями кустарниковой тундры.

11700–11400 кал. л. н. Этот временной интервал соответствует переходу от позднеледниковья к голоцену. Быстрое потепление климата и ликвидация мерзлотных грунтов вызвали подъем уровня озера с последующим быстрым падением вследствие увеличения подземного дренажа. В озере возобновилось накопление карбонатных отложений. На окружающей территории стали доминировать сосновые леса, сократились пространства, занятые травянистой растительностью.

11400–10300 кал. л. н. Во время пребореального похолодания (11,4–11,0 тыс. кал. л. н.) в растительности господствовали светлые березовые и сосново-березовые леса. В середине рассматриваемого временного интервала в лесах отмечается появление вяза и ольхи (около 11,0–10,8 тыс. кал. л. н.). В озере накапливались автохтонные карбонаты, о чем свидетельствует незначительное присутствие минеральной фракции. Повысилась заболочивание низких берегов водоема.

10300–8900 кал. л. н. В течение этого времени по составу отложений и динамике изотопных кривых были установлены нестабильные климатические и гидродинамические условия. В интервале 9200–9000 кал. л. н. уровень воды в озере стабилизировался. В растительном покрове произошли быстрые изменения. На повышенных участках рельефа произрастали широколиственно-сосновые (вяз, дуб, липа) с подлеском из орешника леса. Заболоченные участки рельефа к западу и юго-западу от озера занимали березово-ольховые ассоциации. В течение этого времени была отмечена значительная частота пожаров. Начиная с 9,6 тыс. кал. л. н. в пыльцевых спектрах впервые фиксируются споры папоротника *Pteridium aquilinum*, что указывает на появление брешей (гарей) в лесном покрове в результате пожаров, которые могли быть вызваны как естественными причинами, так и мезолитическими людьми, деятельность которых не была связана с земледелием (пыльцевые индикаторы не обнаружены). На этом этапе отмечен рост значений пыльцы шавеля (*Rumex*) (4,86–5,26 м), присутствие которого считают показателем пастбищ [12]. В то же время эта пыльца встречалась и в позднеледниковых отложениях, поэтому подъем значений *Rumex* мог быть связан с появлением подходов к озеру для водопоя диких травоядных животных.

8900–5800 кал. л. н. Во время оптимальной фазы голоцена в отложениях возрастает доля ОВ, а накопление карбонатов прекращается. Судя по изотопным данным ($\delta^{13}\text{C}$), уровень воды в озере понизился (8900–8500 кал. л. н.) из-за роста испаряемости и потребления влаги растительностью. Климатические условия были благоприятными для произрастания широколиственных (вяз, дуб, липа, ясень) и сосново-широколиственных лесов. На пониженных и заболоченных участках рельефа росли ольховые и березовые леса, а по окраинам болот – ель, хотя содержание пыльцы *Picea* (1,9 %) было меньше, чем в верхне-дриасовых отложениях (5,5 %). Повышение содержания пыльцы ели коррелирует с эпизодами похолодания климата в интервале 8400–8000 и около ~7400 кал. л. н. В течение рассматриваемого этапа выделяются теплые и относительно сухие фазы (около 7900, 6500 кал. л. н.), в которых отмечена наибольшая частота пожаров, возможно, спровоцированных неолитическим населением. Присутствие человека регистрируется подъемом значений пыльцы рудеральных растений (*Artemisia*), периодическим появлением *Plantago lanceolata* и *Rumex acetosa/acetosella*. В отложениях, сформированных в течение ~6000–5800 кал. л. н., выявлена пыльца *Cerealia*, что может указывать на первое использование открытых пространств в качестве полей и пастбищ.

5800–3000 кал. л. н. Климатические условия постоптимального времени можно характеризовать как прохладные и влажные, о чем свидетельствует рост значений пыльцы ели и граба. Если не учитывать влияние локальных пожаров на лесной покров, можно сказать, что наиболее благоприятные климатические условия для произрастания ели сложились в интервалах 5800–5200, 4800–4500, 3500–3000 и около 1200 кал. л. н. В смешанных хвойно-широколиственных лесах среди термофильных пород преобладал дуб, участие вяза и ясеня заметно сократилось. В подлеске этих лесов уменьшилась роль орешника, но возросло присутствие граба, а в напочвенном покрове – папоротников (Polypodiaceae). На болотах, примыкающих к озеру, появились сфагновые мхи. Застойное увлажнение и повышение кислотности почв способствовали деградации

ольховых лесов, которые ранее занимали пониженные участки рельефа вокруг водоема. Периодически отмечены следы хозяйственной деятельности (пыльца *Cerealia*) человека.

Последние 3000 кал. л. н. В течение этого времени трофический статус озера повысился, на что указывает рост значений $\delta^{13}\text{C}$ и водорослей (*Pediastrum*). Выявление естественных преобразований окружающей среды затруднено подъемом сельскохозяйственной деятельности человека в бронзовом веке. Интенсивность пожаров в интервале 3000–2700 кал. л. н. обусловлена деятельностью человека, связанной с подсечно-огневым земледелием. Осваивались повышенные участки рельефа. Отмечается резкий рост содержания пыльцы культурных злаков (*Cerealia* включая *Triticum* и *Avena*), появление сорняков (*Fagopyrum*, *Centaurea cyanus*, *Spergula*), увеличение трав семейства *Roaceae* и рудеральных представителей. Расширились территории, используемые под пастбища (*Rumex acetosa/acetosella*, *Urtica*, *Plantago lanceolata*). В средневековье (~1500–600 кал. л. н.) происходит частичное восстановление лесного покрова за счет распространения вторичных сосновых лесов (рис. 3). Новый подъем сельскохозяйственной деятельности датируется ~XII–XIV вв. В окрестностях водоема стали выращивать рожь (*Secale*), возросла роль рудеральных и сеgetальных трав (*Chenopodiaceae*, *Centaurea cyanus*, *Spergula* и др.), а также лугового разнотравья (*Roaceae*, *Syringaceae*).

Деятельность человека, начатая в бронзовом веке (~2800 кал. л. н.) и усилившаяся в течение XVII–XX вв., привела к уничтожению широколиственных лесов и сокращению лесопокрытых площадей до 20–30 %. В настоящее время участки смешанных широколиственных лесов встречаются в долине р. Сож (пойменные дубравы с вязом и ясенем, ольхой), а в регионе доминируют сосновые леса с редким участием ели и березы, а также безлесные ландшафты.

Заключение. Основываясь на результатах исследований можно сделать следующие выводы: образование озера связано с деградацией мерзлоты и проявлением термокарстовых процессов в течение 16000–14700 кал. л. н.;

бёллинг-алерёдское потепление в интервале 14700–13000 кал. л. н. и похолодание позднего дриаса – 13000–11700 кал. л. н. четко регистрируются особенностями состава отложений, изотопными и пыльцевыми данными;

повышение значений ели коррелирует с эпизодами похолодания климата в интервалах 13000–11700, 8400–8000 и около ~7400, 5400, 4800, 3200, 1200 кал. л. н.;

установленная последовательность в изменении растительности на юго-востоке страны имеет значительное сходство с центральными районами Беларуси, но отличается более ранним появлением термофильных пород и меньшим участием ели в лесном покрове;

пожары в раннем и среднем голоцене коррелируют с теплыми и сухими фазами, установленными по изотопным кривым $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$, а в позднем голоцене в основном с деятельностью человека;

в эпоху неолита деятельность человека была нерегулярной и слабо влияла на лесной покров. Освоение лесных площадей, которое началось в бронзовом веке (~2800 кал. л. н.) и усилилось на современном этапе (вырубка лесов и мелиорация), привело к обезлесиванию территории в окрестностях водоема.

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке ГПНИ «Природопользование и экология», задание 1.21. Реконструкции частоты пожаров и лесистости, работа Е. Ю. Новенко – при поддержке проекта РНФ (грант 16-17-10045).

Acknowledgements. The research was carried out with financial support State Program of Scientific Research “Nature Management and Ecology”, task 1.21. Reconstructions of fire frequencies and forest coverage were performed by E. Yu. Novenko with financial support of Russian Science Foundation (Grant 16-17-10045).

Список использованных источников

1. Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group / J. J. Lowe [et al.] // *Quaternary Science Reviews*. – 2008. – Vol. 27, N 1–2. – P. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.09.016>
2. Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania / M. Stančikaitė [et al.] // *Quaternary International*. – 2009. – Vol. 207, N 1–2. – P. 80–92. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.10.009>
3. Global percent tree cover at a spatial resolution of 500 meters: first results of the MODIS vegetation continuous fields algorithm / M. Hansen [et al.] // *Earth Interaction*. – 2003. – Vol. 7, N 10. – P. 1–15. [https://doi.org/10.1175/1087-3562\(2003\)007%3C0001:gptcaa%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1087-3562(2003)007%3C0001:gptcaa%3E2.0.co;2)

4. Новенко, Е. Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов / Е. Ю. Новенко. – М., 2016. – 228 с.
5. Stable oxygen and carbon isotopes in Late Glaciale-Holocene freshwater carbonates from Belarus and their palaeoclimatic implications / N. Makhnach [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2004. – Vol. 209, N 1–4. – P. 73–101. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.019>
6. Махнач, Н. А. Стабильные изотопы углерода и кислорода и спорово-пыльцевые спектры в позднеледниково-голоценовых карбонатных осадках озера Сергеевского (Беларусь) / Н. А. Махнач, В. П. Зерницкая, И. Л. Колосов // *Литасфера*. – 2009. – № 1 (30). – С. 103–114.
7. Vegetation pattern and sedimentation changes in the context of the Lateglacial climatic events: Case study of Staroje Lake (Eastern Belarus) / V. Zernitskaya [et al.] // *Quaternary International*. – 2015. – Vol. 386. – P. 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.045>
8. Матвеев, А. В. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск, 1988. – 318 с.
9. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 y. cal. BP / P. J. Reimer [et al.] // *Radiocarbon*. – 2013. – Vol. 55, N 4. – P. 1869–1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
10. Гричук, В. П. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии / В. П. Гричук, Е. Д. Заклинская. – М., 1948. – 223 с.
11. Grimm, E. C. *Tilia Version 1.0.1*. / E. C. Grimm. – Springfield, 2007.
12. Stockmarr, J. Tablets with Spores used in Absolute Pollen Analysis / J. Stockmarr // *Pollen et Spores*. – 1971. – Vol. 13. – P. 615–621.
13. Behre, K. E. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams / K. E. Behre // *Pollen et Spores*. – 1981. – Vol. 23. – P. 225–245.
14. Peak detection in sediment-charcoal records: impacts of alternative data analysis methods on fire-history interpretations / P. E. Higuera [et al.] // *International Journal of Wildland Fire*. – 2010. – Vol. 19, N 8. – P. 996–1014. <https://doi.org/10.1071/wf09134>
15. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification / J. Mangerud [et al.] // *Boreas*. – 1974. – N 3. – P. 109–128. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1974.tb00669.x>

References

1. Lowe J. J., Rasmussen S. O., Björck S., Hoek W. Z., Steffensen J. P., Walker M. J. C., Yu Z. C. Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group. *Quaternary Science Reviews*, 2008, vol. 27, no. 1–2, pp. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.09.016>
2. Stančikaitė M., Kisielienė D., Moe D., Vaikutienė G. Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania. *Quaternary International*, 2009, vol. 207, no. 1–2, pp. 80–92. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.10.009>
3. Hansen M., DeFries R. S., Townshend J. R. G., Carroll M., Dimiceli C., Sohlberg R. A. Global percent tree cover at a spatial resolution of 500 meters: first results of the MODIS vegetation continuous fields algorithm. *Earth Interaction*, 2003, vol. 7, no. 10, pp. 1–15. [https://doi.org/10.1175/1087-3562\(2003\)007%3C0001:gptcaa%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1087-3562(2003)007%3C0001:gptcaa%3E2.0.co;2)
4. Novenko E. Yu. Vegetation and climate changes in the Central and Eastern Europe in the Late Pleistocene and Holocene at the Interglacial and transitional stages of climatic macro-cycles. Moscow, 2016. 228 p. (in Russian).
5. Makhnach N., Zernitskaya V., Kolosov I., Simakova G. Stable oxygen and carbon isotopes in Late Glaciale-Holocene freshwater carbonates from Belarus and their palaeoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2004, vol. 209, no. 1–4, pp. 73–101. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.019>
6. Makhnach N. A., Zernitskaya V. P., Kolosov I. L. Stable isotopes of carbon and oxygen and spore-pollen spectra in the Late Glacial-Holocene carbonate sediments of the Lake Sergeevskoe (Belarus). *Litasfera [Lithosphere]*, 2009, no. 1(30), pp. 103–114 (in Russian).
7. Zernitskaya V., Stančikaitė M., Vlasov B., Šeirienė V., Kisielienė D., Gryguc G., Skipitytė R. Vegetation pattern and sedimentation changes in the context of the Lateglacial climatic events: Case study of Staroje Lake (Eastern Belarus). *Quaternary International*, 2015, vol. 386, pp. 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.045>
8. Matveev A. V., Gurskij B. N., Levickaya R. I. *Relief of Byelorussia*. Minsk, 1988. 318 s. (in Russian).
9. Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Ramsey C. B., Buck C. E., Cheng H., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hafliðason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., Manning S. W., Niu M., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Staff R. A., Turney C. S. M., Plicht J. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years cal BP. *Radiocarbon*, 2013, vol. 55, no. 4, pp. 1869–1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
10. Grichuk V. P., Zaklinskaya E. D. *Analysis of the fossil pollen and spores and its use in paleogeography*. Moscow, 1948. 223 p. (in Russian).
11. Grimm E. C. *Tilia Version 1.0.1*. Springfield, 2007.
12. Stockmarr J. Tablets with Spores used in Absolute Pollen Analysis. *Pollen et Spores*, 1971, vol. 13, pp. 615–621.
13. Behre K. E. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 1981, vol. 23, pp. 225–245.
14. Higuera P. E., Gavin D. G., Bartlein P. J., Hallett D. J. Peak detection in sediment-charcoal records: impacts of alternative data analysis methods on fire-history interpretations. *International Journal of Wildland Fire*, 2010, vol. 19, no. 8, pp. 996–1014. <https://doi.org/10.1071/wf09134>
15. Mangerud J., Andersen S. T., Berglund B. E., Donner J. J. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 1974, no. 3, pp. 109–128. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1974.tb00669.x>

Информация об авторах

Зерницкая Валентина Петровна – канд. географ. наук, вед. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: valzem@gmail.com.

Новенко Елена Юрьевна – д-р географ. наук, вед. науч. сотрудник. Московский государственный университет им. Ломоносова (ул. Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Российская Федерация). E-mail: lenanov@mail.ru.

Станчикайте Мигле – д-р географ. наук, вед. науч. сотрудник. Институт геологии и географии, Центр природных исследований (ул. Академическая, 2, 08412, Вильнюс, Литва). E-mail: migle.stancikaite@gamtostyrimai.lt.

Власов Борис Павлович – д-р географ. наук, заведующий лабораторией. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 16, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vlasov@bsu.by.

Information about the authors

Zernitskaya Valentina Petrovna – Ph. D. (Geography), Leading researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skorina Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: valzem@gmail.com.

Novenko Elena Yurevna – D. Sc. (Geography), Leading researcher. Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory Str., 119991, Moscow, Russian Federation). E-mail: lenanov@mail.ru.

Stančikaitė Migle – D. Sc. (Geography), Leading researcher. Nature Research Centre, Institute Geology and Geography (2, Akademijos Str., LT-08412, Vilnius, Lithuania). E-mail: migle.stancikaite@gamtostyrimai.lt.

Vlasov Boris Pavlovich – D. Sc. (Geography), Head of the Laboratory. Belarusian State University (4, Nezavisimosti Ave., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vlasov@bsu.by.