

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

ПУТИ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ГЕОГРАФИИ - 2021

**Материалы II Всероссийской научной конференции,
посвященной памяти профессора А.А. Величко
(Москва, 22-25 ноября 2021 г.)**

Москва
Институт географии РАН
2021

УДК 551+902
ББК 26+63.4

ISBN ***

Пути эволюционной географии - 2021: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А.Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). – М.: Институт географии РАН, 2021. – *** с.

Всероссийская научная конференция "Пути эволюционной географии" – вторая конференция в память о д.г.н., профессоре А.А. Величко – выдающемся российском географе, организаторе науки, ученом, внесшем огромный вклад в изучение палеогеографии четвертичного периода, создателе нового аспекта географического знания – эволюционной географии. В публикуемых материалах конференции освещаются четыре основные направления эволюционной географии, разработке которых А.А. Величко уделял особое внимание: 1) Актуальные проблемы палеогеографии. Рассматриваются разномасштабные изменения ландшафтов и климата Земли в четвертичном периоде, результаты последних исследований в различных регионах Северной Евразии – северных, северо-западных и центральных районах Русской равнины, Понто-Каспийском регионе, Западной и Восточной Сибири, в горах Южной Сибири, на Дальнем Востоке, в российской Арктике, а также проблемы формирования лессово-почвенной формации и методы палеогеографических исследований. 2) Палеогеографическая основа современных ландшафтов (ретроспективный анализ как основа для оценки текущих и предстоящих изменений природной среды). Раздел содержит работы по изменениям климата, биоты, почвенного покрова и рельефа в позднем плейстоцене и голоцене, их связи со строением и динамикой современных ландшафтов, подходам к прогнозированию ландшафтно-климатических изменений на средне- и долгосрочную перспективу на базе палеогеографических аналогий. 3) Вопросы геоархеологии. Рассматривается природный фактор в развитии человеческого общества в плейстоцене и голоцене. Публикуются доклады, посвященные коэволюции природы и человеческого общества, этапам становления человечества в европейской части России и Сибири, а также в Юго-Восточной Азии, от раннего и среднего палеолита до средневековья; приводятся данные о механизмах адаптации человечества к изменениям природных условий, результаты изучения миграций древнего человека. 4) Геохронология и стратиграфия четвертичного периода – работы по применению методов датирования и расчленения разрезов рыхлых толщ в палеогеографических реконструкциях.

Сборник будет интересен специалистам в области четвертичной геологии и палеогеографии, палеоклиматологии, геоморфологии, археологии каменного века, а также студентам и аспирантам указанных специальностей.

Материалы публикуются с максимальным сохранением авторской редакции.

Редакционная коллегия:

д.г.н. А.В. Панин, д.г.н. О.К.Борисова, к.г.н. Е.А.Константинов, к.г.н. Е.И. Куренкова,
к.г.н. С.Н. Тимирева, Ю.М. Кононов

Рецензенты:

чл.-корр. РАН, д.г.н. К.Н. Дьяконов, д.г.н. В.Н.Голосов

Утверждено к печати на заседании Ученого совета Института географии РАН ***.2021.

ISBN ***

© Институт географии РАН, 2021

На обложке рисунок А.А.Величко «Акации у моря». На рисунке изображен обрыв с лёссовыми отложениями на берегу Азовского моря, предположительно – разрез Чумбур-Коса.

[28] Putnam A.E., Putnam D.E., Andreu-Hayles L., Cook E.R., Palmer J.G., Clark E.H., Wang C.Z., Chen F., Denton G.H., Boyle D.P., Bassett S.D., Birkel S.D., Martin-Fernandez J., Hajdas J., Southon J., Garner K.B., Cheng H., Broecker W.S. Little Ice Age wetting of interior Asian deserts and the rise of the Mongol Empire // *Quaternary Science Reviews*. – 2016. – Vol. 131. – P. 33-50.

[29] Song M., Zhou A.F., Zhang X.N., Zhao C., He Y.X., Yang W.Q., Liu W.G., Li S.H., Liu Z.H. Solar imprints on Asian inland moisture fluctuations over the last millennium // *The Holocene*. – 2015. – Vol. 25. – P. 1935–1943.

[30] Tarasov P., Dorofeyuk N., Metel'tseva E. Holocene vegetation and climate changes in Hoton-Nur basin, northwest Mongolia // *Boreas*. – 2000. – Vol. 29/2. – P. 117-126.

[31] Wang W., Feng Z.D., Ran M., Zhang C.J. Holocene climate and vegetation changes inferred from pollen records of Lake Aibi, northern Xinjiang, China: A potential contribution to understanding of Holocene climate pattern in East-central Asia // *Quaternary International*. – 2013. – Vol. 311. – P. 54–62.

[32] Wünnemann B., Mischke S., Chen F. A Holocene sedimentary record from Bosten lake, China // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2006. – Vol. 234. – №. 2-4. – P. 223-238.

[33] Yang X.P., Zhu Z.D., Jaekel D., Owen L.A., Han J.M. Late Quaternary palaeoenvironment change and landscape evolution along the Keriya River, Xinjiang, China: The relationship between high mountain glaciation and landscape evolution in foreland desert regions // *Quaternary International*. – 2002. – Vol. 97. – P. 155–166.

ИСКОПАЕМЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ИЗ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕР ПЛАТО ПУТОРАНА КАК ИНДИКАТОР ЛАНДШАФТНЫХ ОБСТАНОВОК ПОЗДНЕГО ГОЛОЦЕНА

О.В. Руденко¹, Е.Ю. Новенко^{2,3}, Н.Г. Мазей², Д.А. Куприянов²

¹Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия,
olrudenko2011@yandex.ru

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
dmitriy Kupriyanov1994@yandex.ru, natashamazei@mail.ru

³Институт географии РАН, Москва, Россия, lenanov@mail.ru

FOSSIL SPORE-POLLEN SPECTRA FROM LAKE SEDIMENTS OF THE PUTORANA PLATEAU AS AN INDICATOR OF LATE HOLOCENE LANDSCAPES

O.V. Rudenko¹, E.Yu. Novenko^{2,3}, N.G. Mazei², D.A. Kupriyanov²

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

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Institute of Geography Russian Academy of Science, Moscow, Russia

Потепление климата последних десятилетий сопровождалось таянием вечной мерзлоты и увеличением частоты пожаров в арктических и субарктических регионах [10], что обусловило повышенный интерес научного сообщества к познанию изменений природных обстановок высоких широт в прошлом для целей прогнозирования динамики экосистем в будущем. Палеолимнологические исследования принадлежат к числу наиболее информативных методов реконструкций природных обстановок прошлого, поскольку озера - это уникальные природные архивы, в донных осадках которых заключена информация об изменениях ландшафтов периода осадконакопления [4, 5]. В настоящем сообщении представлены результаты реконструкций изменений природной среды в позднем голоцене одного из наиболее слабоизученных регионов Сибирской Субарктики - западной части плато Путорана. Для этого использованы данные палинологического анализа и изучения макроскопических частиц угля в донных осадках двух озер, расположенных в бассейне р. Хантайки. Особое внимание в наших исследованиях уделено реконструкции истории пожаров в регионе. Для достоверности наших выводов мы привлекали данные палеорекоkonструкций летних температур по останкам хирономид, полученные ранее из кернов этих же озер [14], а также детальные реконструкции растительности и климата северо-западной части плато Путорана в позднеледниковье и голоцене, полученные по палинологическим данным из озера Лама, расположенного в 130 км к северо-западу от района наших исследований [3].

Первое озеро, Глухое, площадью 230 га, расположено в широкой заболоченной долине в нижнем поясе гор (68°09'54" с.ш., 92°10'23" в.д., 569 м над уровнем моря). Второе озеро – небольшой безымянный водоем (обозначенное нами как Безымянное) в 5 км к северу от Глухого (68°12'12" с.ш. 92°10'44" в.д.). Оно занимает котловину площадью 6,8 га в гольцовом поясе гор на высоте 805 м над уровнем моря. Озеро Глухое окружено лиственничным редколесьем, в подлеске которого обильны *Duschekia fruticosa* и *Betula nana* [14]. Растительный покров вокруг озера Безымянного образован преимущественно лишайниками, в наиболее защищённых местообитаниях отмечены куртины ив.

Полевые работы, бурение и отбор образцов в озерах выполнены группой исследователей из Университетского колледжа в Лондоне в 2006 г. в рамках проекта, посвященного изучению экологии сообществ хирономид и созданию калибровочной модели для реконструкции палеоклимата [14]. Хронология кернов озерных отложений основана на AMS-датировании, проведенном в лаборатории радиоуглеродного датирования NERC Radiocarbon Facility and SUERC AMS Laboratory; для верхних горизонтов в лаборатории Beta-Analytical, США проведено определение абсолютного возраста на основе содержания изотопов $^{137}\text{Cs}/^{210}\text{Pb}$ в осадках.

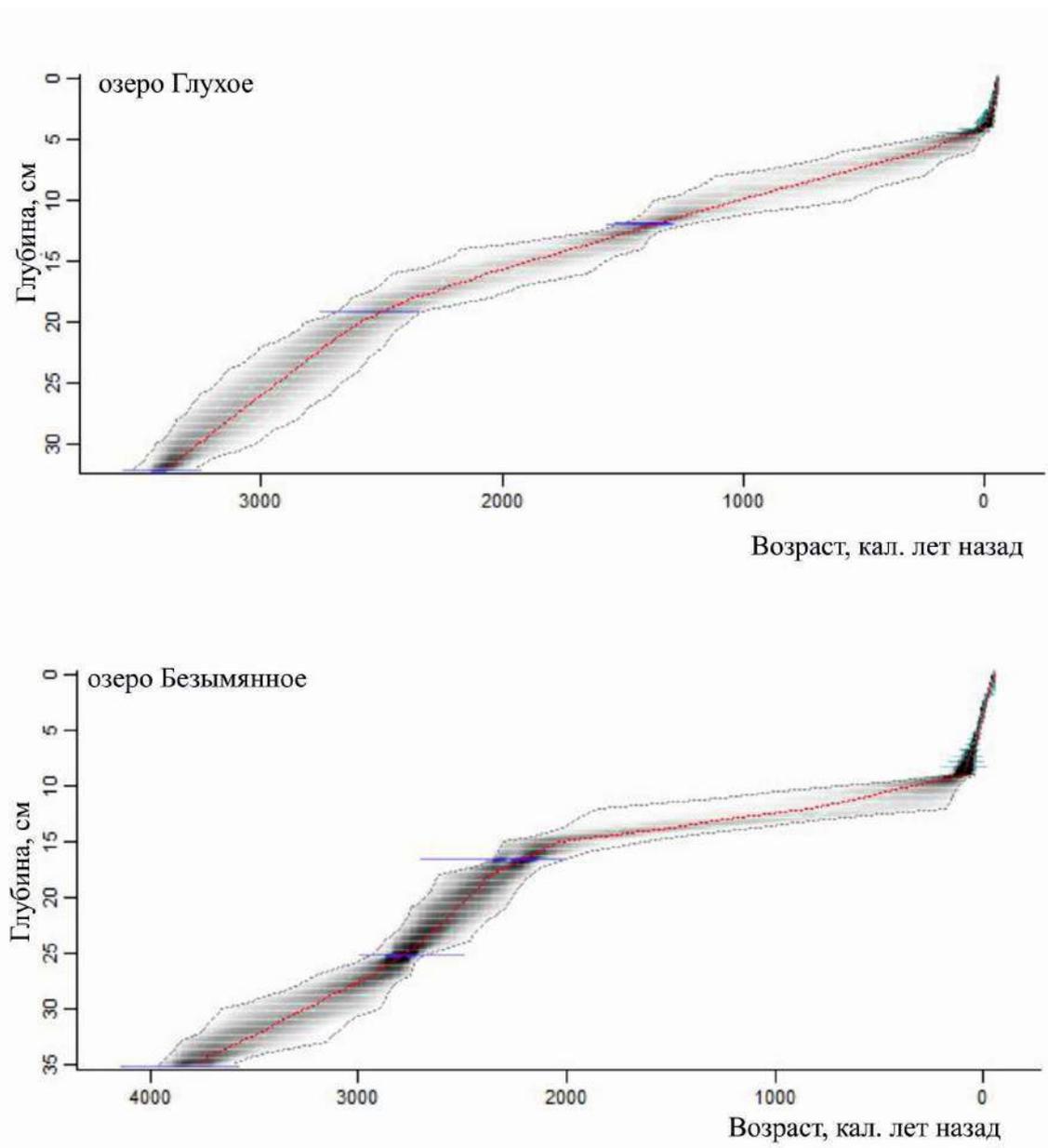
Для спорово-пыльцевого анализа образцы отобраны с интервалом в 3 см, обработаны по стандартной методике [13] и изучены под микроскопом при увеличении $\times 400$. В каждом образце подсчитано более 500 пыльцевых зерен и спор, дополнительно проведен подсчет микрочастиц угля (линейные размеры $< 40 \mu\text{m}$). За 100% принята сумма пыльцы древесных (AP) и травянистых растений (NAP). Реконструкция частоты пожаров проведена на основе анализа содержания макроскопических частиц угля (размер $> 125 \mu\text{m}$) в осадках [6], для чего из кернов непрерывно с шагом 1 см был проведен отбор образцов, а последующая экстракция микрочастиц угля осуществлена по методике Mooney and Tinner [12]. Подсчет частиц угля проведен под стереоскопическим микроскопом при 40-кратном увеличении. Для выявления регионального сигнала динамики лесных пожаров, определяемых фоновыми скоростями накопления частиц угля в отложениях, а также локальных пожарных эпизодов (пожаров или их серий, происходивших в окрестностях озера) [6] использован программный пакет CharAnalysis [9]. В результате получены величины скоростей накопления частиц угля (Charcoal accumulation rate, CHAR-индекс), определены фоновые и пороговые значения CHAR для разделения локального и регионального сигналов динамики лесных пожаров.

Согласно полученным радиоуглеродным датировкам (рис.1), отложения, вскрытые скважинами в озерах Глухое и Безымянное, начали накапливаться около 3,0 и 3,9 тыс. кал. л.н., соответственно. Несмотря на положение озер в различных высотных поясах гор, состав и соотношение основных компонентов спорово-пыльцевых спектров (далее в тексте СПС) на спорово-пыльцевых диаграммах обоих озер показали высокую степень сходства (рис. 2 А, Б).

Спорово-пыльцевые диаграммы были разделены на зоны на основе кластерного анализа с помощью модуля CONISS в программе TILIA [7]. Поскольку характеристики выделенных зон и их возрастные границы в разрезах отложений изученных озер оказались очень близки, мы приняли общие для обоих озер обозначения и нумерацию пыльцевых зон Put-1-5.

Пыльцевая зона Put-1 представлена только в отложениях озера Безымянного (34–28 см, 3,9–3,1 тыс. кал.л.н.). В ее СПС высоко содержание пыльцы гипоарктических кустарников *Betula nana* и *Duschekia fruticosa*, обильны хлорофитовые водоросли рода *Pediastrum* и *Botriococcus braunii*, а также микрочастицы угля.

Для СПС зоны Put-2 (оз. Безымянное - 28–21 см; оз. Глухое - 20–26 см; 3,1–2,5 тыс. кал. л.н.) характерны относительно высокое участие пыльцы деревьев, увеличение доли пыльцы Сурегасеае, а также заметное сокращение числа микрочастиц угля, особенно на диаграмме оз. Безымянное. Участие пыльцы *Picea* и *Pinus* в СПС достигает 5–7%, пыльцы древесной березы (*Betula alba*-type) - 10%. Присутствует также пыльца *Abies*.



Подписи к рисункам:

Рис. 1. Возрастные модели для донных отложений: А – озеро Глухое, Б – озеро Безымянное

Пыльцевая зона Put-3 (оз. Безымянное - 21–14 см; оз. Глухое - 20–13 см; 2,5–1,5 тыс. кал. л.н.) характеризуется снижением доли пыльцы деревьев и одновременным увеличением обилия пыльцы гипоарктических кустарников.

СПС пыльцевой зоны Put-4 (озеро Безымянное: 14–9 см, озеро Глухое: 13–7 см, 1,5–0,2 тыс. кал. л.н.) показывают возрастание доли пыльцы *Pinus* и большее разнообразие пыльцы травянистых растений. В СПС из озера Глухого возрастает процентное соотношение спор *Selaginella selaginoides*. Возраст верхней границы этой зоны, установленный по результатам датирования озерных отложений озера Глухого по короткоживущим изотопам ^{137}Cs и ^{210}Pb , определен как 1880 г. н.э. с погрешностью около 10 лет.

В СПС пыльцевой зоны Put-5 (озеро Безымянное: 9–0 см, озеро Глухое: 7–0 см, 1880 г. н.э. – настоящее время) возрастает содержание пыльцы *Larix*, *Pinus*, *Betula* и *Picea*, пыльца кустарников в сумме формирует слабо выраженный пик. Доля пыльцы *Duschekia fruticosa* достигает 30-40% от AP+NAP. В течение последнего столетия увеличивается концентрация микрочастиц угля - в отложениях озера Безымянного их доля достигает 150% от суммы пыльцы и спор.

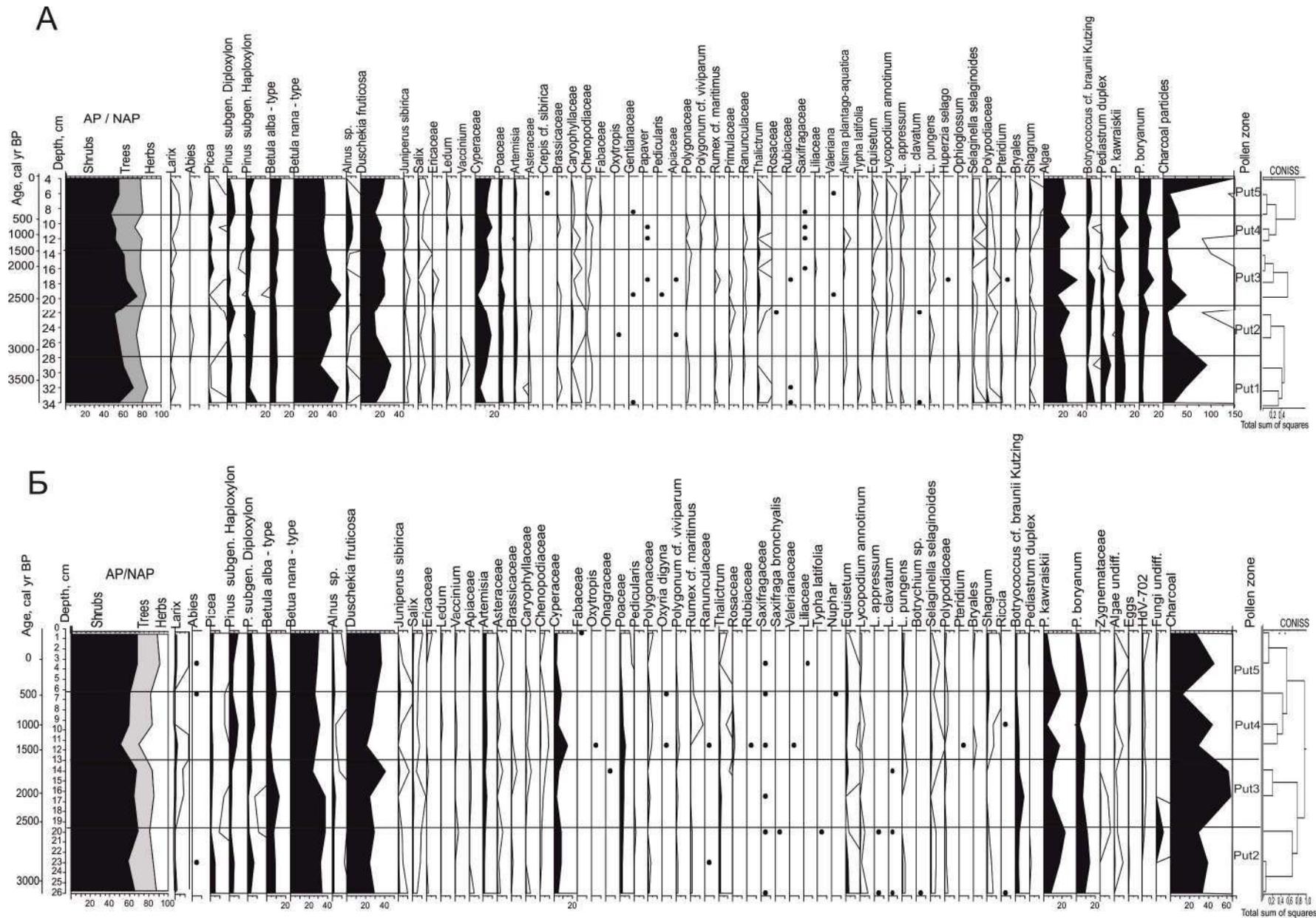


Рис. 2. Споро-пыльцевые диаграммы разрезов отложений озер Безымянное (А) и Глухое (Б)

Интерпретация полученных данных позволяет сделать следующие основные выводы:

1) В период между 3,1 и 2,5 тыс. кал. л.н. вариации состава СПС в озерных отложениях (зона Put-2), очевидно, отражают потепление климата и расширение площади территории, занятой лесами и редколесьями в лесном и подгольцовом поясах плато. Результаты изучения макроскопических частиц угля показали увеличение их концентрации во временном интервале 3,0–2,5 тыс. кал. л.н. в озере Глухом и в интервале 3,0–2,0 тыс. кал. л. н. в озере Безымянном. Возрастание летних температур, вероятно, послужило причиной увеличения частоты возникновения пожароопасных погодных условий, и, как следствие, частоты возгораний.

2) Последующие деградация лесной растительности и увеличение площади тундровых группировок (пыльцевая зона Put-3) отражают этап похолодания климата около 2,5 тыс. кал. л.н., что подтверждают кривые палеотемператур, полученные по данным анализа сообществ хириноид из изученных нами озер [14]. В этом же промежутке времени снижается концентрация макрочастиц угля в осадках озер и пожарная активность. На существенное похолодание в Арктике в период между 2,7 и 2,5 тыс. кал. л.н. указывают исследования патологических нарушений древесины лиственницы сибирской на Ямале [2], палинологические данные озер Таймыра [1], реконструкции летних температур на основе древесно-кольцевых хронологий [8].

3) В течение довольно длительного периода, начиная с 2,5 тыс. кал. л. н. и до последних 150 лет, растительный покров развивался в направлении постепенного сокращения доли участия лесных сообществ и усиления роли гипоарктических кустарников (*Betula nana*, *Duschekia fruticosa*, *Salix*), а также тундровых кустарничков и трав. Показательно увеличение в СПС из озера Глухого процентного содержания спор гипоаркто-монтанного вида *Selaginella selaginoides*, что, в сочетании с другими характеристиками СПС, может быть расценено как свидетельство расширения площади безлесных биоценозов (лугов и зарослей кустарников).

4) Пыльцевые записи и подсчет макрочастиц угля в осадках озер не выявили существенных ландшафтных изменений в течение последнего тысячелетия. Пыльцевые зоны отражают прохладные климатические условия, в которых пожарная активность закономерно снижалась. В некоторые временные интервалы (например, 1,1–0,55 тыс. кал. л. н.) поступление макрочастиц угля в озерные отложения снижалось до нуля, что хорошо согласуется с результатами дендрохронологических исследований и реконструкциями пожарных режимов в лиственничных лесах криолитозоны Средней Сибири [11].

5) Концентрация макрочастиц угля в верхних горизонтах донных отложений озер Глухого и Безымянного, накопившихся в течение последних 200 лет, увеличивается до максимума за весь поздний голоцен, свидетельствуя о масштабном поступлении угольных частиц в озерные осадки не только на локальном, но и на региональном уровне. Причины увеличения частоты пожарных событий и расширения площадей, подвергшихся возгоранию на этом этапе, предстоит выяснить дополнительными исследованиями.

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке проекта РФФ № 20-17-00043.

Список литературы:

[1] Палеоклимат полярных областей Земли в голоцене / Под ред. Большакова Д.Ю., Веркулича С.Р. - СПб.: АНИИ. - 2019. - 204 с.

[2] Хантемиров Р.М., Горланова Л.А., Сурков А.Ю., Шиятов С.Г. Экстремальные климатические события на Ямале за последние 4100 лет по дендрохронологическим данным // Известия РАН. - Сер.географ. - 2011. -№ 2. - С. 89-102.

[3] Andreev A.A., Tarasov P.E., Klimanov V.A., Melles M., Lisitsyna O.M., Hubberten H.W. Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taymyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // Quaternary International. - 2004. – V. 122. – P. 69–84.

[4] Biskaborn B.K., Subetto D.A., Savelieva L.A. et al. Late Quaternary vegetation and lake system dynamics in north-eastern Siberia: Implications for seasonal climate variability // Quaternary Science Reviews. - 2016. – V. 147. – P. 406–421.

- [5] CAPE project members. Holocene paleoclimate data from the Arctic: testing models of global climate change // *Quaternary Science Reviews*. – 2001. – V. 20. – P. 1275–1287.
- [6] Conedera M., Tinner W., Neff C., Meurer M., Dickens A.F., Krebs P. Reconstructing past fire regimes: Methods, applications, and relevance to fire management and conservation // *Quaternary Science Reviews*. – 2009. – V. 28 (5–6). – P. 555–576.
- [7] Grimm E. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares // *Computers, Geosciences*. – 1987. – V. 13. – P. 13–35.
- [8] Hantemirov R., Shiyatov S.G. A continuous multimillennial ring-width chronology in Yamal, northwestern Siberia // *The Holocene*. – 2002. – V. 12(6). – P. 717–727.
- [9] Higuera P.E., Peters M.E., Brubaker L.B., Gavin D.G. Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model // *Quaternary Science Reviews*. – 2007. – V. 26 (13–14). – P. 1790–1809.
- [10] IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. - URL: <https://www.ipcc.ch/srocc/cite-report/>
- [11] Kharuk V.I., Ranson K.J., Dvinskaya M.L., Im S.T. Wildfires in northern Siberian larch dominated communities // *Environ Res Lett*. - 2011. - V. 6. - P. 045208.
- [12] Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires and Peat*. - 2011. - Vol. 7. - P. 1–18.
- [13] Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. *Pollen Analysis*. - Blackwell, Oxford. - 1991. - 216 p.
- [14] Self A.E., Jones V.J., Brooks S.J. Late Holocene environmental change in arctic western Siberia // *The Holocene*. - 2015. - V. 25. - P. 150-165.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ СЕЛЕВЫХ СОБЫТИЙ ХИБИН
А.И. Рудинская^{1,2}, Е.В. Гаранкина², Н.С. Семеняк¹, В.Р. Беляев², Е.Д. Шереметская²,
Ю.Р. Беляев²

¹Институт географии РАН, Москва, Россия, anna.rudinskaya@igras.ru

²Московский государственный университет, evgarankina@gmail.com

RECONSTRUCTION OF THE LATE HOLOCENE DEBRIS FLOWS IN THE Khibiny
A.I. Rudinskaya¹, E.V. Garankina², N.S. Semenyak¹, V.R. Belyaev², E.D. Sheremetskaya²,
Y.R. Belyaev²

¹Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

²Moscow State University, Moscow, Russia

Хибинский горный массив – один из самых известных очагов катастрофических природных процессов в Субарктике. Эти катастрофические природные процессы представлены в том числе селевыми потоками. Изучение хронологии селевых процессов Хибин проводилось при помощи двух методов: радиоуглеродного датирования обогащенного органическим веществом горизонтов, вскрытых разрезах селевых отложений [3, 6] и дендрохронологического метода – датирования пней в зоне воздействия селевого потока [1, 2]. Существующие работы по оценке селевой активности Хибин с помощью дендрохронологического метода охватывают период с 1920 по 1990-е гг. В настоящем исследовании авторами было решено попытаться продлить существующие хронологии селевой активности.

В ключевых селевых бассейнах, выбранных для реконструкции истории развития селевого рельефа в послеледниковье (бассейны р. Алявумйок и р. Голубичная в Западных Хибинах и бассейн р. Лявойок в Северных Хибинах), был проведен комплекс полевых работ по изучению селевого рельефа. Строение селевых форм изучалось в разрезах (шурфах, расчистках и стенках карьеров), либо прослеживалось в естественных обнажениях вдоль подмытых берегов русла и бортов долин. Детально описывались и фотографировались текстуры и структуры отложений селевых потоков.

Для определения возраста сравнительно молодых аккумулятивных форм селевого рельефа был проведен дендрохронологический анализ. В качестве ключевых выбирались участки селевых конусов и террас высотой не более 2-3 м над современным урезом с