

Ю. Д. Внуковская¹, Н. А. Рудая^{1✉}, В. Д. Страховенко²

¹Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск, Россия

²Институт геологии и минералогии СО РАН
Новосибирск, Россия
E-mail: nrudaya@gmail.com

Динамика растительности и озерной экосистемы юго-западной части плато Укок в позднем голоцене: первые результаты исследования донных отложений озера Гусиное

В работе представлены первые результаты комплексного исследования донных отложений оз. Гусиное, расположенного в юго-западной части плато Укок в Республике Алтай. Данная территория имеет высокую археологическую значимость благодаря уникальным памятникам пазырыкской культуры раннескифского времени, сохранность которых (включая органические материалы) напрямую связана с природными условиями высокогорья, в частности с развитием многолетней мерзлоты. На основе литологического описания колонки донных отложений, спорово-пыльцевого анализа и изучения непильцевых палиноморф (цианобактерий, зеленых и эвгленовых водорослей, остатков Cladocera и Chironomidae, спор копрофильных грибов) охарактеризованы изменения растительности, локальных условий осадконакопления и озерной экосистемы за последние ~6,3 тыс. лет. Полученные данные показывают устойчивое преобладание открытых травянисто-кустарничковых ландшафтов без формирования лесных сообществ в непосредственной близости от озера. Зафиксированы этапы развития приозерных и мелководных местообитаний, а также эпизоды усиленного поступления почвенно-минерального материала с водосбора, согласующиеся с литологическими признаками эрозии. Присутствие спор копрофильных грибов Sordaria-type и Arniut-type может рассматриваться как косвенный признак присутствия крупных травоядных в окрестностях озера, что в археологическом контексте указывает на возможное использование территории в качестве пастбищ. Результаты исследования позволяют уточнить природный контекст существования древнего населения и условия сохранности археологических комплексов плато Укок, а также вносят вклад в реконструкцию голоценовой динамики высокогорных экосистем Алтая.

Ключевые слова: плато Укок, озеро Гусиное, голоцен, палинологический анализ, непильцевые палиноморфы, пазырыкская культура, Алтай.

Y. D. Vnukovskaya¹, N. A. Rudaya^{1✉}, V. D. Strakhovenko²

¹Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia

²Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
Novosibirsk, Russia
E-mail: nrudaya@gmail.com

Vegetation and Lake Ecosystem Dynamics in the South-Western Part of the Ukok Plateau in the Late Holocene: First Results of a Study of Bottom Sediments from Lake Gusinoye

This article provides the first results of a comprehensive study of bottom sediments from Lake Gusinoye, located in the south-western part of the Ukok Plateau (the Altai Republic). This territory possesses high archaeological significance due to its unique monuments of the Pazyryk culture of the early Scythian period. The preservation of the monuments (including organic materials) is directly related to the natural conditions in the high mountains, particularly the presence of permafrost. Remains of Cladocera and Chironomidae, spores of coprophilous fungi, changes in vegetation, local sedimentation conditions, and the lake ecosystem over the last ~6.3 ka have been characterized based on the lithological description of the sediment core,

spore-pollen analysis, and the study of non-pollen palynomorphs (cyanobacteria, green and euglenoid algae. The obtained data show a stable predominance of open herb-shrub landscapes without the formation of forest communities around the lake. The development stages of near-lake and shallow-water habitats as well as episodes of increased input of soil and mineral materials from the catchment area were documented, consistent with the lithological evidence of erosion. The presence of Sordaria- and Arnium-type coprophilous fungi spores may be considered an indirect indicator of the presence of large herbivores around the lake, which, in the archaeological context, suggests possible use of the territory as pastures. The study allows us to clarify the natural context of the ancient population's existence and the conditions for the preservation of archaeological complexes on the Ukok Plateau, and further contributes to the reconstruction of the Holocene dynamics of high-mountain ecosystems in the Altai.

Keywords: Ukok Plateau, Lake Gusinoe, Holocene, palynological analysis, non-pollen palynomorphs, Pazyryk culture, Altai.

Введение

Плато Укок, расположенное на юго-востоке Республики Алтай, известно уникальными археологическими памятниками раннескифского времени и, прежде всего, погребальными комплексами пазырыкской культуры, сохранность которых во многом связана со специфическими природными условиями высокогорья [Руденко, 1953, 1960; Полосьмак, 1994, 2001; Рудой и др., 2000]. Территория входит в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Золотые горы Алтая», что подчеркивает ее исключительное природное и культурно-историческое значение [ЮНЕСКО...].

Пазырыкские памятники плато Укок представляют особую ценность благодаря сохранению органических материалов, редко фиксируемых в археологических комплексах открытого типа. Стабильный холодный режим и развитие мерзлотных условий внутри погребальных сооружений способствовали сохранению дерева, кожи, войлока, тканей, растительных остатков и других органических компонентов [Руденко, 1953, 1960; Полосьмак, 2001]. Поэтому природная среда Укока выступает не только фоном существования древних обществ, но и важнейшим фактором формирования археологической сохранности комплексов.

Существование пазырыкских сообществ в высокогорных районах Алтая было связано с использованием пастбищных ресурсов, сезонной мобильностью и адаптацией к суровым континентальным условиям. Для понимания хозяйственных стратегий и пространственной организации древнего населения необходимо учитывать изменения климата, растительности, увлажнения и доступности природных ресурсов в голоцене. Реконструкция природной среды позволяет рассматривать археологические памятники плато Укок в контексте изменений климата, растительности и доступности пастбищных ресурсов, определявших условия освоения этой высокогорной территории.

Плато Укок характеризуется резко континентальным климатом, длительным холодным периодом, развитием криогенных процессов и распространением островной многолетней и длительно-сезонной

мерзлоты [Харламова, 2004; Пузанов и др., 2019]. Современный растительный покров представлен сочетанием горно-тундровых, лугово-степных и криоаридных сообществ, чувствительных к изменениям температуры и влагообеспеченности [Дьяченко, 2000; Пузанов и др., 2019]. Даже относительно небольшие климатические колебания могли влиять на состояние пастбищ, положение границ растительных поясов, гидрологический режим и условия сохранности археологических объектов.

Формирование современных ландшафтов плато во многом связано с позднеледниковым оледенением и последующей деградацией ледников. В пределах высокогорных котловин и межморенных понижений формировались озерные системы, донные отложения которых сохраняют информацию о природных условиях прошлого [Редькин, 1994, 1998; Бородавко, 2009].

Палинологический анализ донных отложений озер является одним из наиболее информативных методов реконструкции растительности и климата прошлого. Он позволяет выявлять изменения растительности, фиксировать фазы увлажнения и аридизации, а также оценивать возможные смещения границ леса и трансформацию пастбищных ландшафтов [Faegri, Iversen, 1989; Moore, Webb, Collinson, 1991; Рудая, 2010]. В археологическом контексте такие данные позволяют уточнить природные условия, в которых существовали древние сообщества и формировались памятники пазырыкской культуры.

В условиях современного потепления и деградации мерзлоты особую актуальность приобретает оценка естественных пределов изменчивости природной среды плато Укок. Изменение температурного и гидрологического режима может представлять угрозу для сохранности мерзлотных погребальных комплексов и органических материалов. Поэтому реконструкция голоценовой динамики растительности и климата имеет не только палеоэкологическое, но и археологическое значение.

Озеро Гусиное (49°17'55" с.ш., 87°46'23" в.д., 2 213 м над ур. м.), расположенное на юго-западе плато Укок, представляет собой перспективный объект для палеоэкологической реконструкции. Его донные отложения могут отражать изменения рас-

тительного покрова, увлажнения и локальных условий осадконакопления в пределах археологически значимой территории Алтая. Несмотря на высокую изученность Укока как археологического района, палеоклиматические и палеолимнологические данные для этой территории остаются ограниченными. Ранее материалы по позднеголоценовым отложениям озера Укок позволили охарактеризовать ландшафтно-климатические условия времени их накопления [Русанов и др., 2022], однако новые записи необходимы для более детального понимания природной динамики плато.

Материалы и методы

Озерный керн донных отложений Gus24-2 длиной 160,5 см был отобран в 2024 г. из наиболее глубокой части оз. Гусиное (глубина 8,3 м) с использованием модифицированного гравитационного керноотборника UWITEC с ударным механизмом. Для керна GUS24-2 в Лаборатории радиоуглеродного датирования Университета Ланьчжоу (Китай) были получены пять радиоуглеродных дат по валовому органическому веществу донных отложений. Согласно результатам датирования колонка донных отложений GUS24-2 накапливалась в течение 6 тыс. лет.

Литологическое описание керна GUS24-2 было выполнено сразу после его вскрытия в ЦКП «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН. Описание проводилось послойно по глубинной шкале с фиксацией цвета, гранулометрического состава, характера слоистости, мощности прослоев, наличия линз, растительных остатков, обломочного материала и особенностей контактов между слоями. Для грубообломочного материала дополнительно определялись размер, степень окатанности и петрографический состав обломков. Также фиксировались признаки нарушения структуры осадка: трещины усыхания, линзовидные и наклонные песчаные прослои. Литологические границы выделялись по изменению цвета, состава и структуры осадка. На основании визуального описания разрез был разделен на интервалы, отражающие смену условий осадконакопления.

Палинологическому анализу подвергнуты 16 образцов донных отложений, отобранные с интервалом 10 см, начиная с 1 см. Химическая подготовка образцов проводилась по стандартной методике Фаегри-Иверсена [Faegri, Iversen, 1989] без ацетализа. Перед химической обработкой в каждый образец добавлялась таблетка спор *Lycopodium* (серии № 1031 и 2019051), что позволило рассчитать общую концентрацию палиноморф [Stockmarr, 1971]. В каждом препарате насчитывалось не менее 300 пыльцевых зерен древесно-кустарниковых и травянисто-кустарничковых растений, а также велся учет спор мхов, папоротников и непальцевых палиноморф (далее – НПП),

к которым относятся остатки клеток водорослей, спор грибов, остатки беспозвоночных, простейшие, устьица хвойных растений и другие. НПП чувствительны к изменениям водной среды, биологической продуктивности, эрозионных процессов и поступления органического вещества в озеро, поэтому их анализ особенно важен для интерпретации локальной динамики озерной экосистемы и условий формирования донных отложений [van Geel, 1978, 2001; Shumilovskikh et al., 2022]. Построение палинологических диаграмм и расчет концентраций палиноморф проводился в специализированном программном обеспечении «Tilia» [Grimm, 2004].

Результаты

Керн GUS24-2, отобранный из донных отложений оз. Гусиное, имеет длину 160,5 см. Для керна характерны вертикальные и субвертикальные трещины усыхания, вдоль которых отмечаются бурые натёки, также натёки фиксируются по краям керна.

Верхняя часть разреза, в интервале 0–4 см, представлена тонким незакономерным переслаиванием пелитового, алевроитового и мелкопесчаного материала. Слойки имеют светло-серую, бежево-серую, зелено-серую и серую окраску. На глубине 2 см отмечен алевро-песчаный прослой мощностью ок. 0,5 мм, а на глубине 4 см – песчаный прослой мощностью ок. 2 мм с субгоризонтальным залеганием. Под ним наблюдаются буроватые линзы алевроитовой размерности.

В интервале 4–7 см осадки представлены переслаиванием алевроита и пелита. Слойки имеют серую и буровато-серую окраску; в толще отмечаются небольшие гнезда от обломков размером до 2 мм, при этом сами обломки не сохранились.

Интервал 7–10 см сложен переслаивающимися алевроитовыми и песчаными слоями. В осадке присутствуют включения растительных остатков, отмечаются чешуйки слюды и многочисленные бурые затёки.

В интервале 10–20 см вновь преобладает переслаивание алевроита и пелита серого и серо-зеленого цвета. На этом участке зафиксированы два куполообразных прослоя среднезернистого песка мощностью 1–1,5 мм, а также гнезда от обломков без сохранившегося обломочного материала.

Интервал 20–30 см представлен переслаиванием алевроита и пелита светло-серого и буровато-серого цвета. Внутри толщи встречаются песчаные и алевро-песчаные линзы, залегающие под углом ок. 45°; на глубине 27 см отмечено бурое гнездо без обломка.

Интервал 30–55 см представлен переслаиванием алевро-пелитового и пелитового материала серого и зелено-серого цвета. В толще встречаются мелкие песчаные линзы. Ниже, в интервале 55–73,5 см, осад-

ки сложены переслаиванием алевро-пелита и алевроита светло-серого и серого цвета с темно-серыми алевро-песчаными слоями мощностью менее 1 мм. Чередование слоев неравномерное.

В интервале 73,5–95,5 см вновь фиксируется тонкое незакономерное переслаивание пелита, алевроита и мелкого песка светло-серого, бежево-серого, зелено-серого и серого цветов. В интервале 73,5–84 см присутствуют включения остатков макрофитов, представленные корнями. В интервале 84–95,5 см отмечается большое количество песчаных линз.

Интервал 95,5–100 см сложен переслаивающимися песками и алевроитами светло-серого цвета. Ниже, в интервале 100–102,5 см, выделяется крупнозернистый песчаный горизонт, содержащий обломки кварца, калиевого полевого шпата, гнейса, хлоритов и слюды. В интервале 102,5–107,5 см залегают переслаивающиеся алевроитовые осадки буро-серого, темно-серого и серого цвета; на глубине ок. 104 см отмечены остатки Bryophyta.

Интервал 107,5–125 см представлен крупнозернистым слоистым песком. В нижней части этого интервала, на глубинах 115–125 см, в песчаном материале присутствует мелкий гравий. Ниже, в интервале 125–148 см, залегают диамитовые отложения, которые содержат хорошо окатанные обломки размером от 2 до 7 см. Состав обломков представлен кварцем, песчаником, алевролитом, гнейсом и туфом. Матрица песчаная и алевро-песчаная, темно-серого цвета.

Интервал 148–155 см сложен крупнозернистым песком серо-коричневого цвета. В составе песчаного материала отмечены кварц с авантюриновым эффектом, слюда, калиевый полевой шпат и хлорит. Нижний контакт косослоистый и прослеживается в пределах глубин 152–155 см. В интервале 155–160,5 см разрез представлен переслаиванием алевро-песчаных и песчаных слоев серо-песчаного цвета.

В целом керн GUS24-2 характеризуется сменой тонкослоистых пелит-алевритовых и алевро-песчаных озерных отложений в верхней и средней частях разреза более грубообломочными песчано-гравийными и диамитовыми осадками в нижней части.

Спорово-пыльцевой анализ 16 образцов из керна GUS24-2 позволил получить общую характеристику палинологических спектров донных отложений оз. Гусиное (рис. 1). На протяжении всего разреза в спектрах преобладает пыльца травянисто-кустарниковых растений. Основными таксонами являются *Artemisia*, Cyperaceae, Poaceae и *Amaranthaceae*; в меньшем, но устойчивом количестве присутствуют *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Asteraceae* и *Brassicaceae*. Такой состав отражает преобладание открытых травянистых сообществ в окрестностях озера.

Древесно-кустарниковые таксоны составляют до 30 % палинологического спектра, при этом их максимальные значения отмечаются в верхней и нижней частях разреза. Среди древесно-кустарниковых рас-

тений преобладают *Pinus sibirica*, *Ephedra*, *Betula* sect. *Apterocaryon* и *Picea obovata*, однако их соотношение существенно меняется по глубине. Споровые растения представлены главным образом спорами мха *Encalypta*, а водные растения встречаются единично и представлены *Potamogeton*. Общая концентрация пыльцы имеет максимальные значения в средней части разреза, умеренные – в верхней и наиболее низкие – в нижней части.

Нижняя часть разреза характеризуется повышенной долей древесно-кустарниковых таксонов. В образцах 141–160,5 см отмечены высокие значения *Picea obovata*, а в образце 131 см зафиксировано устье этого таксона, что может указывать на присутствие ели вблизи водоема или в пределах водосбора. В образцах 151 и 160,5 см в заметном количестве появляется пыльца *Larix sibirica*, единичные зерна этого таксона также отмечены в образцах 81 и 111 см. Появление *Larix* в нижней части разреза важно учитывать при интерпретации, поскольку листовница обычно слабо представлена в пыльцевых спектрах из-за плохой сохранности зерен. В интервале 91–151 см фиксируется низкое содержание *Pinus sibirica*. Выше по разрезу доля этого таксона увеличивается, и он становится одним из доминирующих компонентов древесно-кустарниковой группы. Для этого же интервала (91–151 см) характерно относительно высокое содержание *Brassicaceae*, что указывает на изменение состава травянистого компонента палинологического спектра.

В средней части разреза, в образцах 61–111 см, отмечается снижение содержания *Artemisia* на фоне небольшого увеличения доли Poaceae и Cyperaceae. Такое соотношение может указывать на временное ослабление наиболее аридного степного компонента и усиление роли степей или кобрезиево-осоковых пустошей, однако Cyperaceae может быть и локальным компонентом околородной растительности. Вместе с тем высокие значения *Ephedra* в образцах 111, 121, 131 и 151 см свидетельствуют о сохранении ксерофитных сообществ в нижней и нижне-средней частях разреза.

В верхней части разреза, в интервале 1–51 см, несколько увеличивается содержание кустарниковой *Betula* sect. *Apterocaryon*. Это может отражать расширение ерниковых тундр в это время. В самом верхнем образце, на глубине 1 см, дополнительно отмечены высокие значения древесной *Betula* sect. *Albae*.

Связь палинологических данных с литологическим строением керна показывает, что нижняя часть разреза отличается не только по составу осадков, но и по палинологическим характеристикам. В слоях, связанных с диамитовыми отложениями, в образцах 131 и 141 см отсутствуют споровые растения, которые в целом встречаются на протяжении большей части разреза. Это может быть связано с изменением условий осадконакопления, поступлением грубо-

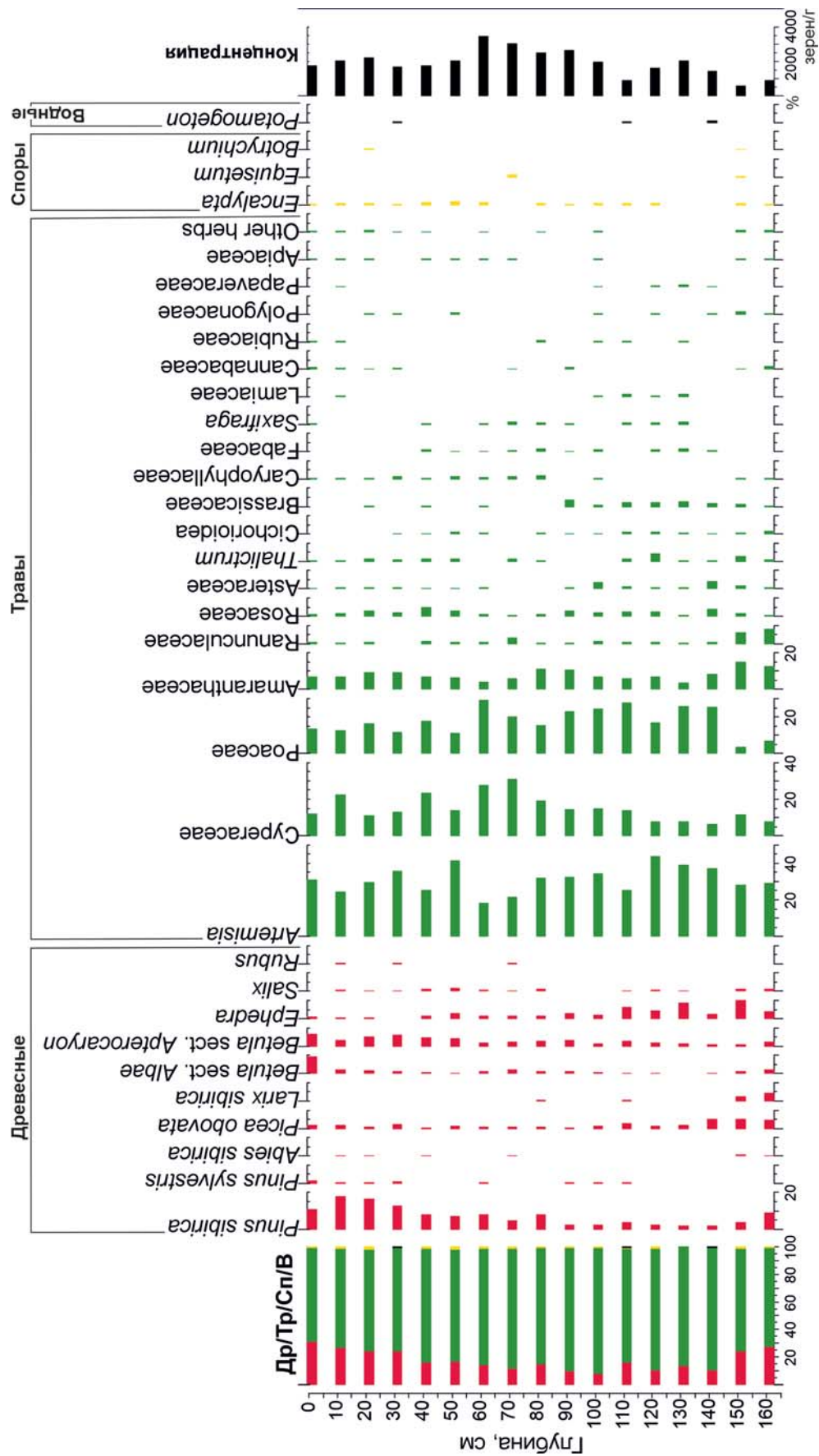


Рис. 1. Палинологическая диаграмма голоценовых отложений оз. Гусиное, плато Укок, Республика Алтай.

обломочного материала и снижением сохранности или концентрации палиноморф в этих интервалах. Самые низкие значения общей концентрации пыльцы также приурочены к нижней части разреза, где преобладают более грубозернистые песчаные и диамиктовые отложения.

Спорово-пыльцевая запись керна GUS24-2 отражает преобладание открытых ландшафтов в районе оз. Гусиное на протяжении всего изученного интервала. Основные изменения связаны не со сменой открытых ландшафтов лесными, а с колебаниями соотношения степных, лугово-степных и древесно-кустарниковых компонентов. Нижняя часть разреза характеризуется более выраженным участием *Picea obovata*, *Larix sibirica* и *Ephedra*, средняя – повышенной концентрацией пыльцы и снижением доли *Artemisia*, а верхняя – увеличением роли *Pinus sibirica* и березовых таксонов.

Одновременно с пыльцой и спорами в препаратах были изучены непыльцевые палиноморфы, представленные остатками водорослей, грибными спорами и гифами, фрагментами беспозвоночных, простейшими и устьицами хвойных растений (рис. 2). Их состав и распределение по разрезу позволяют дополнить палинологическую характеристику керна GUS24-2 и уточнить локальные условия осадконакопления в оз. Гусиное.

Общая концентрация непыльцевых палиноморф по разрезу в целом низкая, исключение составляют образцы 11, 21, 91 и 101 см, где отмечаются локальные повышения концентрации НПП. Эти пики, вероятно, отражают кратковременное усиление биологической продуктивности в озере. В составе комплекса НПП на протяжении всего разреза доминируют цианобактерии рода *Microcystis*. Их максимальные значения фиксируются в образцах 21, 91 и 101 см. Постоянное присутствие *Microcystis* указывает на регулярное развитие фитопланктонных сообществ в озере, а пики этого таксона могут быть связаны с эпизодами повышенной продуктивности водоема или усилением поступления питательных веществ [van Geel, 2001; Zohary et al., 2014; Vnukovskaya et al., 2024]. Дополнительно в образце 121 см значительно представлена *Anabaena*, единично встречающаяся также в образце 141 см; этот таксон также может указывать на развитие цианобактериальных сообществ и локальное повышение трофности водной среды.

Водорослевые НПП в разрезе представлены несколькими группами пресноводных таксонов, отражающих изменения структуры водной экосистемы и прибрежных местообитаний. В образце 131 см отмечен локальный максимум хлоропластов *Spirogyra*; вместе с повышенными концентрациями Chlorophyceae и Zygnemataceae в основании керна это может указывать на кратковременное развитие мелководных или прибрежных экотопов [van Geel,

2001]. В интервале 81–141 см повышаются значения эвгленовых водорослей *Phacus*, которые часто связаны с мелководными, стоячими или слабопроточными водоемами, обогащенными органическим веществом [Ibid.]. В этом же интервале фиксируется *Tetraëdron minimum*, а в интервале 61–101 см увеличивается доля десмидиевых водорослей (*Cosmarium*, *Staurastrum*), характерных для литоральных, хорошо освещенных мелководных участков [Brook, 1981; Coesel, Meesters, 2007; John, Whitton, Brook, 2011]. Совокупность этих признаков может отражать развитие более стабильных прибрежных местообитаний и усиление локальной продуктивности озера. Зеленые водоросли рода *Pseudopediastrum* встречаются неравномерно. *P. boryanum* наиболее постоянно фиксируется в интервале 101–131 см, что может быть связано с изменениями трофности или гидрологического режима озера. *P. integrum*, повышенные значения которого отмечены в образцах 1 и 101 см, рассматривается как таксон, связанный с прохладными, чистыми и преимущественно олиготрофными водами крупных озер; его локальные пики могут указывать на кратковременные фазы более холодноводных условий [Komárek, Jankovská, 2001].

Остатки *Cladocera* относительно многочисленны в образцах 91 и 101 см. В нижней части разреза, в образцах 151 и 160,5 см, отмечаются относительно высокие концентрации челюстей Chironomidae, при этом их постоянное присутствие фиксируется также в интервале 71–121 см. Остатки ветвистоусых ракообразных и хирономид отражают развитие зоопланктонных компонентов озерной экосистемы [van Geel, 2001].

В нижней части разреза, в образцах 131, 141 и 160,5 см, отмечаются наивысшие значения спор *Glomus*-type. Поскольку споры *Glomus*-type обычно рассматриваются как индикатор поступления почвенного материала и эрозионного сноса с водосбора, их увеличение может быть связано с нестабильными условиями осадконакопления и поступлением минерального материала в озеро [van Geel, 2001; Shumilovskikh et al., 2022]. Это хорошо согласуется с литологией нижней части керна, где фиксируются крупнозернистые пески, гравийный материал и диамиктовые отложения. После 91 см вверх по разрезу концентрация грибных спор и спор *Glomus*-type снижается, что может отражать уменьшение эрозионного поступления с водосбора и переход к более спокойным условиям озерного осадконакопления. Присутствие и локальные пики *Sordaria*-type и *Arnium*-type могут отражать поступление органического вещества, связанного с жизнедеятельностью крупных травоядных животных в пределах водосбора. В археологическом контексте эти данные можно рассматривать как косвенный индикатор возможного использования приозерной территории в качестве пастбищ [Baker, Bhagwat, Willis, 2013; van Geel et al., 2003; van Geel, Aptroot, 2006].

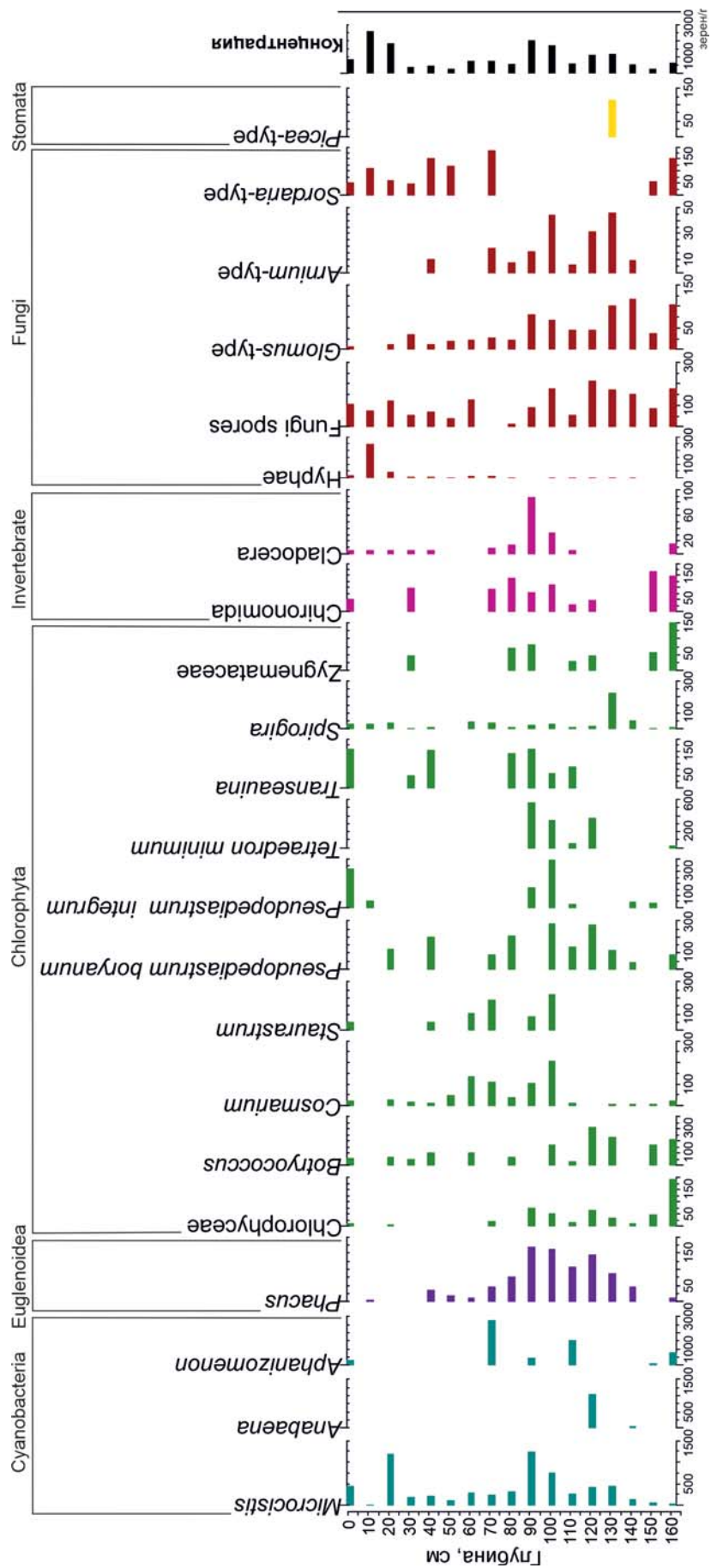


Рис. 2. Распределение непыльцевых палиноморф по колонке донных отложений оз. Гусиное, плато Укок, Республика Алтай.

Заключение

Первые результаты комплексного исследования донных отложений оз. Гусиное показывают, что в юго-западной части плато Укок на протяжении последних ~6,3 тыс. лет сохранялись преимущественно открытые высокогорные ландшафты. Такая природная обстановка была благоприятна для существования пастбищных ресурсов, что особенно важно при рассмотрении археологических памятников раннескифского времени и хозяйственной адаптации пазырыкских сообществ в условиях высокогорья.

Литологические и палинологические данные свидетельствуют, что природная среда района была неоднородной и изменялась во времени. Нижняя часть разреза отражает более нестабильные условия осадконакопления с усиленным поступлением минерального материала с водосбора. В дальнейшем условия накопления становятся более спокойными, а в средней части разреза фиксируются признаки усиления роли приозерных и локально более увлажненных местообитаний. Спорово-пыльцевые спектры указывают на устойчивое преобладание травянисто-кустарничковых сообществ, без формирования лесных ландшафтов в непосредственной близости от озера. Наличие пыльцы и устьиц хвойных, включая *Picea obovata* и *Larix sibirica*, может указывать на присутствие древесной растительности в пределах водосбора или в близких горных участках, однако общий облик территории оставался безлесным.

Непыльцевые палиноморфы позволяют уточнить локальные условия существования озерной экосистемы. Пики водорослевых таксонов, остатков *Cladocera* и *Chironomidae* отражают периоды более активного развития водных и прибрежных сообществ. Повышенные значения *Glomus*-type в нижней части разреза согласуются с литологическими признаками эрозийного поступления материала с водосбора. Присутствие и локальные пики *Sordaria*-type и *Arnium*-type могут рассматриваться как косвенное свидетельство присутствия крупных травоядных животных в окрестностях озера; в археологическом контексте это может быть связано с использованием приозерной территории как пастбищной зоны.

Таким образом, материалы по оз. Гусиное показывают, что плато Укок в голоцене представляло собой динамичную, но в целом открытую высокогорную среду, пригодную для сезонного использования пастбищных ресурсов. Полученная запись дополняет археологические данные о пазырыкской культуре природно-историческим контекстом: она позволяет оценить условия, в которых могли существовать древние группы населения, а также природные факторы, влияющие на формирование и сохранность археологических комплексов. Дальнейшее уточнение возрастной модели и сопоставление палинологических данных с археологическими материалами позволит

более детально реконструировать связь между изменениями природной среды, хозяйственным использованием территории и сохранностью памятников плато Укок.

Финансирование

Исследование выполнено по проекту НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0005 «Природные условия обитания древнего человека в четвертичном периоде Евразии».

Список литературы

- Бородавко П. С.** Четвертичная эволюция озерных систем Алтайской горной страны // *J. of Siberian Federal Univ. Biology*. – 2009. – Т. 2, № 1. – С. 18–29.
- Дьяченко С. А.** Флора плоскогорья Укок и ее охрана: дис. ... канд. биол. наук. – Барнаул, 2000. – 172 с.
- Полосьмак Н. В.** «Стережущие золото грифы»: Ак-Алахинские курганы. – Новосибирск: Наука, 1994. – 123 с.
- Полосьмак Н. В.** Всадники Укока. – Новосибирск: ИНФОЛИО-пресс, 2001. – 336 с.
- Пузанов А. В., Бабошкина С. В., Балыкин С. Н., Рождественская Т. А.** Экология, свойства и химический состав горно-тундровых почв плоскогорья Укок (Юго-Восточный Алтай) // *Изв. Алт. отд-ния РГО*. – 2019. – № 4 (55). – С. 137–141.
- Редькин А. Г.** Гляциологическая оценка возможности существования покровного оледенения на плато Укок (Южный Алтай) в максимум последнего похолодания // *Изв. РГО*. – 1994. – Т. 126, вып. 3. – С. 70–74.
- Редькин А. Г.** Природные условия плоскогорья Укок в позднем плейстоцене–голоцене: дис. ... канд. геогр. наук. – Барнаул, 1998. – 174 с.
- Рудая Н. А.** Палинологический анализ: учебн.-метод. пособ. – Новосибирск: НГУ; ИАЭТ СО РАН, 2010. – 48 с.
- Руденко С. И.** Культура населения Горного Алтая в скифское время. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 402 с.
- Руденко С. И.** Культура населения Центрального Алтая в скифское время. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 360 с.
- Рудой А. Н., Лысенкова З. В., Рудский В. В., Шишин М. Ю.** Укок: прошлое, настоящее, будущее. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2000. – 172 с.
- Русанов Г. Г., Кузьмина О. Б., Михаревич М. В., Аншукова Н. В.** Верхнеголоценовая часть разреза отложений озера Укок в юго-восточном Алтае и ландшафтно-климатические условия времени их накопления // *Природные ресурсы Горного Алтая*. – 2022. – № 1–2 (26). – С. 53–58.
- Харламова Н. Ф.** Климатические особенности плоскогорья Укок и прилегающих территорий // *Изв. Алт. гос. ун-та*. – 2004. – № 3. – С. 71–77.
- ЮНЕСКО.** Золотые горы Алтая // Центр всемирного наследия ЮНЕСКО. – URL: <https://whc.unesco.org/en/list/768> (дата обращения: 18.05.2026).
- Baker A. G., Bhagwat S. A., Willis K. J.** Do dung fungal spores make a good proxy for past distribution of large herbivores? // *Quatern. Sci. Rev.* – 2013. – Vol. 62. – P. 21–31.
- Brook A. J.** *The Biology of Desmids*. – Oxford: Blackwell Scientific Publ., 1981. – 276 p.
- Coesel P. F. M., Meesters K. J.** Desmids of the Lowlands: Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands. – Zeist: KNNV Publ., 2007. – 352 p.

- Fægri K., Iversen J.** Textbook of Pollen Analysis. 4th ed. – Chichester: John Wiley & Sons, 1989. – 328 p.
- Grimm E.** Tilia software 2.0.2. – Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center, 2004.
- John D. M., Whitton B. A., Brook A. J.** The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. – 2nd ed. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2011. – 878 p.
- Komárek J., Jankovská V.** Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollen-analytical research // *Bibliotheca Phycologica*. – 2001. – Vol. 108. – P. 1–127.
- Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E.** Pollen Analysis. 2nd ed. – Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1991. – 216 p.
- Rudaya N., Frolova L., Kuzmina O., Cao X., Karachurina S., Nigmatullin N., Vnukovskaya Y.** Terrestrial vegetation and lake aquatic communities diversity under climate change during the mid-late Holocene in the Altai Mountains (Ulagan Plateau) based on the pollen and cladocera data // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2022. – N 4. – P. 1550–1552. – doi:10.31951/2658-3518-2022-A-4-1550
- Shumilovskikh L. S., Schlütz F., Achterberg I., Kvitkina A., Bauerochse A., Leuschner H. H.** Non-Pollen Palynomorphs from the Eemian interglacial and early Weichselian glacial deposits in northern Germany // Review of Palaeobotany and Palynology. – 2022. – Vol. 303. – Art. 104709.
- Shumilovskikh L. S., Shumilovskikh E. S., Schlütz F., van Geel B.** NPP-ID: Non-Pollen Palynomorph Image Database as a research and educational platform // Vegetation History and Archaeobotany. – 2022. – Vol. 31, N 3. – P. 323–328. – doi:10.1007/s00334-021-00849-8
- Stockmarr J.** Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. – 1971. – Vol. 13, N 4. – P. 615–621.
- van Geel B.** A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals // Review of Palaeobotany and Palynology. – 1978. – Vol. 25. – P. 1–120.
- van Geel B.** Non-pollen palynomorphs // J. P. Smol, H. J. B. Birks, W. M. Last (eds.). Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. – Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 2001. – P. 99–119.
- van Geel B., Aptroot A.** Fossil ascomycetes in Quaternary deposits // *Nova Hedwigia*. – 2006. – Vol. 82. – P. 313–329.
- van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G., Hakbijl T.** Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi // *J. of Archaeol. Sci.* – 2003. – Vol. 30. – P. 873–883.
- Vnukovskaya Y. D., Kuzmina O. B., Rudaya N. A.** Local environmental conditions of Lake Balyktukel (Russian Altai) in the Holocene from non-pollen palynomorphs // *Paleontological J.* – 2024. – Vol. 58, N 7. – P. 99–108. – doi:10.1134/S0031030124600501
- Zohary T., Sukenik A., Berman T., Nishri A.** Lake Kinneret: Ecology and Management. – Dordrecht: Springer, 2014. – 674 p.
- Borodavko P. S.** Chetvertichnaya evolyutsiya ozernykh sistem Altaiskoi gornoj strany. *J. of Siberian Federal Univ. Biology*, 2009. Vol. 2, No. 1. P. 18–29. (In Russ.).
- Brook A. J.** The Biology of Desmids. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1981. 276 p.
- Coesel P. F. M., Meesters K. J.** Desmids of the Lowlands: Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands. *Zeist: KNNV Publ.*, 2007. 352 p.
- Dyachenko S. A.** Flora ploskogorya Ukok i ee okhrana: cand. sc. (biology) dissertation. Barnaul, 2000. 172 p. (In Russ.).
- Fægri K., Iversen J.** Textbook of Pollen Analysis. 4th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1989. 328 p.
- Grimm E.** Tilia software 2.0.2. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center, 2004.
- John D. M., Whitton B. A., Brook A. J.** The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. 2nd ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2011. 878 p.
- Kharlamova N. F.** Klimaticheskie osobennosti ploskogorya Ukok i privileyushchikh territorii. *Altai State Univ. Bull.*, 2004. No. 3. P. 71–77. (In Russ.).
- Komárek J., Jankovská V.** Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollen-analytical research. In *Bibliotheca Phycologica*, 2001. Vol. 108. P. 1–127.
- Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E.** Pollen Analysis. 2nd ed. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1991. 216 p.
- Polosmak N. V.** “Stereegushchie zoloto grify”: Ak-Alakhinskoe kurgany. Novosibirsk: Nauka, 1994. 123 p. (In Russ.).
- Polosmak N. V.** Vsadniki Ukoka. Novosibirsk: INFOLIOpress, 2001. 336 p. (In Russ.).
- Puzanov A. V., Baboshkina S. V., Balykin S. N., Rozhdestvenskaya T. A.** Ekologiya, svoystva i khimicheskii sostav gorno-tundrovyykh pochv ploskogorya Ukok (Yugo-Vostochnyi Altai). *Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, 2019. No. 4 (55). P. 137–141. (In Russ.).
- Redkin A. G.** Glyatsiologicheskaya otsenka vozmozhnosti sushchestvovaniya pokrovnogo oledneniya na plato Ukok (Yuzhnyi Altai) v maksimum poslednego pokholodaniya. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, 1994. Vol. 126, Iss. 3. P. 70–74. (In Russ.).
- Redkin A. G.** Prirodnye usloviya ploskogorya Ukok v pozdnem pleistotsene–golotsene: cand. sc. (geography) dissertation. Barnaul, 1998. 174 p. (In Russ.).
- Rudaya N., Frolova L., Kuzmina O., Cao X., Karachurina S., Nigmatullin N., Vnukovskaya Y.** Terrestrial vegetation and lake aquatic communities diversity under climate change during the mid-late Holocene in the Altai Mountains (Ulagan Plateau) based on the pollen and cladocera data. *Limnology and Freshwater Biology*, 2022. No. 4. P. 1550–1552. doi:10.31951/2658-3518-2022-A-4-1550
- Rudaya N. A.** Palinologicheskii analiz. Novosibirsk: Novosibirsk State Univ. Press; IAET SB RAS Publ., 2010. 48 p. (In Russ.).
- Rudenko S. I.** Kultura naseleniya Gornogo Altaya v skifskoe vremya. Moscow; Leningrad: AS USSR Publ., 1953. 402 p. (In Russ.).
- Rudenko S. I.** Kultura naseleniya Tsentralnogo Altaya v skifskoe vremya. Moscow; Leningrad: AS USSR Publ., 1960. 360 p. (In Russ.).
- Rudoi A. N., Lysenkova Z. V., Rudskii V. V., Shishin M. Y.** Ukoka: proshloe, nastoyashchee, budushchee. Barnaul: Altai State Univ. Press, 2000. 172 p. (In Russ.).

References

Baker A. G., Bhagwat S. A., Willis K. J. Do dung fungal spores make a good proxy for past distribution of large herbivores? *Quatern. Sci. Rev.*, 2013. Vol. 62. P. 21–31.

Rusanov G. G., Kuzmina O. B., Mikharevich M. V., Anshukova N. V. Verkhnegolotsenovaya chast razreza otlozhenii ozera Ukok v yugo-vostochnom Altae i landshaftno-klimaticheskie usloviya vremeni ikh nakopleniya. In *Prirodnye resursy Gornogo Altaya*, 2022. No. 1–2 (26). P. 53–58. (In Russ.).

Shumilovskikh L. S., Schlütz F., Achterberg I., Kvitkina A., Bauerochse A., Leuschner H. H. Non-Pollen Palynomorphs from the Eemian interglacial and early Weichselian glacial deposits in northern Germany. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2022. Vol. 303. Art. 104709.

Shumilovskikh L. S., Shumilovskikh E. S., Schlütz F., van Geel B. NPP-ID: Non-Pollen Palynomorph Image Database as a research and educational platform. *Vegetation History and Archaeobotany*, 2022. Vol. 31, No. 3. P. 323–328. doi:10.1007/s00334-021-00849-8

Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 1971. Vol. 13, No. 4. P. 615–621.

UNESCO. Zoloty gory Altaya. In *Tsentr vsemirnogo naslediya YUNESKO*. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/768> (Accessed: 18.05.2026). (In Russ.).

van Geel B. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1978. Vol. 25. P. 1–120.

van Geel B. Non-pollen palynomorphs. In Smol J. P., Birks H. J. B., Last W. M. (eds.). In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 2001. P. 99–119.

van Geel B., Aptroot A. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, 2006. Vol. 82. P. 313–329.

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G., Hakbijl T. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *J. of Archaeol. Sci.*, 2003. Vol. 30. P. 873–883.

Vnukovskaya Y. D., Kuzmina O. B., Rudaya N. A. Local environmental conditions of Lake Balyktukel (Russian Altai) in the Holocene from non-pollen palynomorphs. *Paleontological J.*, 2024. Vol. 58, No. 7. P. 99–108. doi:10.1134/S0031030124600501

Zohary T., Sukenik A., Berman T., Nishri A. Lake Kinneret: Ecology and Management. Dordrecht: Springer, 2014. 674 p.

Рудая Н. А. <https://orcid.org/0000-0003-1536-6470>
Внуковская Ю. Д. <https://orcid.org/0009-0001-6932-6493>

Дата сдачи рукописи: 26.05.2026 г.