

УДК 581.5

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ НА СЕВЕРЕ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ С ДЕКАДНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ: ЗАПИСЬ ИЗ ОЗЕРА ШИРА

© 2024 г. Е. В. Безрукова^{1,*}, С. А. Решетова¹, Н. В. Кулагина²,
А. А. Щетников², И. А. Филинов², академик РАН М. И. Кузьмин¹

Поступило 03.06.2024 г.

После доработки 15.06.2024 г.

Принято к публикации 18.06.2024 г.

Приведены результаты изучения донных отложений меромиктического оз. Шира, расположенного в северной части Минусинской котловины. Отложения представлены годично-слоистыми сериями — варвами, позволяющими реконструировать историю природной среды региона с высоким разрешением. Возрастная модель базируется на семи ¹⁴C-датах. Предлагаемая новая палинологическая запись из верхней части керна Shira-2021-II-1 продлевает предыдущую запись на 530 лет, обеспечивая реконструкцию природной среды региона за последние 2980 калиброванных лет со средним разрешением в 21 год. Реконструкции показывают влажный региональный климат 2980–2650 л.н., при этом климат самой котловины был ариднее, обеспечивая существование степных и лугово-степных группировок вокруг оз. Шира на протяжении последних 2980 лет. Тренд изменений отношения пыльцы *Artemisia/Chenopodiaceae*, рассматриваемого как показатель доступной растениям влаги, предполагает небольшое повышение уровня увлажнения в Минусинской котловине интервале 2980–70 л.н. и его заметное снижение в последние 70 лет. Однако повышение прерывалось кратковременными интервалами усиления аридизации климата. Реконструкции показали, что изменения растительности вокруг оз. Шира в позднем голоцене были обусловлены, главным образом, крупномасштабными циркуляционными процессами, менявшими баланс влаги в регионе. Наиболее чувствительными к изменениям увлажнения в декадном масштабе оказались степные группировки. В новой пыльцевой записи также, как и в предыдущей, не было найдено чётких пыльцевых показателей антропогенного влияния на растительность. Только заметное повышение содержания пыльцы березы в последние примерно 50 лет может указывать на проведение озеленения вокруг курортных зон.

Ключевые слова: юг Западной Сибири, пыльца, углистые частицы, поздний голоцен, вариации увлажнения, декадное временное разрешение, антропогенное воздействие

DOI: 10.31857/S2686739724100181

ВВЕДЕНИЕ

Озёрные отложения зарекомендовали себя как ценные геологические архивы, хранящие длительные записи изменений природной среды в различном пространственном масштабе, информацию о взаимодействии человека и окружавшего его ландшафта [1, 2]. Однако часто вклад этих архивов в реконструкцию истории

растительности и климата, региональные климатические модели ограничивается грубым временным разрешением. В этом контексте донные отложения оз. Шира, расположенного в северной части Минусинской котловины, признаны ценнейшим архивом голоценовых природно-климатических изменений благодаря наличию в его осадках годично-слоистых серий — варв [3], что позволяет получать реконструкции природной среды с разрешением в сезон-десятилетия. Результаты исследования современного состояния биоты и экосистемы озера опубликованы во многих источниках [4–6]. Однако недостаточно внимания уделено

¹Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск, Россия

²Институт земной коры Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск, Россия

*E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

палеолимнологическим реконструкциям с использованием донных отложений оз. Ши́ра. Так, результаты рентгенофлуоресцентного анализа отложений из керна 2009 года LS09 позволили установить связь содержания ряда микроэлементов с вековыми вариациями природной среды за последние 2450 лет [3]. Позже, из отложений этого керна была получена первая пыльцевая запись [7] со средним разрешением в 22 года.

Предлагаемая новая палинологическая запись из верхней части керна Shira-2021-II-1 оказалась на 530 лет древнее предыдущей, позволив реконструировать историю природной среды Хакасии за последние 2980 лет со средним разрешением в 21 год.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРА МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Бессточное, меромиктическое, солёное оз. Ши́ра расположено в Хакасском государственном природном заповеднике. Площадь поверхности озера составляет 36 км², максимальная глубина воды ~25 м. Питание озера осуществляется через р. Сон. Другими источниками воды служат подземные воды и атмосферные осадки [3]. Гидрологический баланс озера изменчив [5]. Климат степной зоны, где находится оз. Ши́ра, резко континентальный, засушливый. Средняя температура июля +18°C, января –19°C, среднегодовая сумма атмосферных осадков составляет 300 мм [5]. Озеро покрыто льдом с конца ноября до мая. Высота снежного покрова меняется от 0 до 30 мм. В растительности севера Минусинской котловины преобладают степи и лесостепи. Предгорья заняты светлохвойными лесами из лиственницы *Larix sibirica* и, в меньшей мере, из сосны *Pinus sylvestris*. Леса из берёзы *Betula*, сосны, ели *Picea obovata*, пихты *Abies sibirica*, кедра сибирского *Pinus sibirica* формируют горнотаёжный пояс хребтов вокруг котловины [8]. Вблизи оз. Ши́ра преобладают лугово-степные ассоциации с господством злаковых Poaceae, бобовых Fabaceae, сложноцветных Asterales, розоцветных Rosaceae, полыни *Artemisia*. По берегам растёт лиственница, берёза пушистая, тополь *Populus*, сосна, вяз *Ulmus pumila*, ивы *Salix*. Оз. Ши́ра является также важным рекреационным объектом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2021 году в самой глубокой части озера (25.3 м) буровой установкой UWITEC была пробурена скважина, вскрывающая полную мощность разреза донных отложений, с отбором керна ненарушенной структуры. К настоящему времени палинологическим методом изучена верхняя, 144-сантиметровая часть разреза отложений из скважины Shira-2021-II-1. Возрастная модель основана на результатах ¹⁴C-датирования методом ускорительной масс-спектрометрии УМС (табл. 1). Для оценки резервуарного эффекта (РЭ) применена линейная регрессия по значениям ¹⁴C-датировок в стратиграфическом порядке с использованием “метода перехвата” [9]. Значение в 358 лет в точке пересечения осей было принято за величину РЭ. Скорректированный на эту величину возраст откалиброван с использованием кривой IntCal20 [10]. Расчёт возраста каждого сантиметра отложений в кернах проведён методом интерполяции между двумя соседними датами с учётом средней скорости седиментации между ними.

Для палинологического анализа отобран каждый сантиметр отложений. Процентное содержание пыльцевых таксонов рассчитано на основе суммы наземной пыльцы, принятой за 100%. На пыльцевых слайдах проведён подсчёт микрочастиц углей крупнее 100 мкм, рассматриваемых как индикаторы субрегиональных/локальных пожаров [11]. Количество частиц угля рассчитано как их приток (шт/см²/год) путём умножения концентрации угля на скорость седиментации (см/год). Спорово-пыльцевая диаграмма построена в программе Tilia/Tilia-Graph/TGView [12]. Локальные пыльцевые подзоны (SH-d – a) выделены на основе стратиграфически ограниченного кластерного анализа CONISS [12]. Описание литологического состава отложений проведено методом просмотра слайдов в трёх повторностях. Процентное соотношение пыльцы полыни *Artemisia* и маревых Chenopodiaceae (A/Ch) использовано как показатель эффективного увлажнения на региональном уровне [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возрастная модель показывает, что отложения в кернах Shira-2021-II-1 формировались в последние 2980 лет и представлены чередованием разноцветных толщ, внутри которых прослеживается тонкая слоистость (рис. 1). В составе

Таблица 1. Результаты УМС ^{14}C -датирования отложений в керна Shira-2021-II-1

Глубина в керна, см	Материал датирования	Лабораторный номер	^{14}C -возраст, лет назад	Калиброванные значения с учётом РЭ	Медианный возраст (калибр. лет назад)
19.5	масса осадка	Poz-156319	545±30	187	240
39.5	ООУ	Poz-156305	1395±35	1037	820
59.5	ООУ	Poz-156306	1550±30	1192	1100
79.5	ООУ	Poz-156307	2185±30	1827	1650
99.5	ООУ	Poz-156308	2425±30	2067	2000
119.5	ООУ	Poz-156309	2845±35	2487	2490
139.5	ООУ	Poz-156310	3185±35	2827	2900

отложений преобладает глинистая фракция. В верхних пяти см возрастает доля песка и илов (рис. 2).

Дендрограмма CONISS показывает сходный состав пыльцевых спектров, предполагая, что запись представляет собой одну пыльцевую зону, которая может быть разделена на подзоны (рис. 1). В описании подзон приводятся средние значения всех показателей.

SH-d (144–126 см, 2980–2650 л.н.) – пыльца древесных составляет 63%, трав – 33.5%. Отмечены максимумы пыльцы *Abies* (4.3%),

Chenopodiaceae (3%) и *Artemisia* (20%) и минимумы пыльцы *Betula* (36%) и *Larix* (0.8%). Концентрация пыльцы составила 85 тыс./см², а приток микрочастиц углей – 400 шт/см²/год.

SH-c (126–42 см, 2650–880 л.н.) – обилие пыльцы древесных и трав почти не изменилось (64.7% и 32.4% соответственно), при этом обилие пыльцы *Abies* снизилось до 1.9%, а *Betula* – повысилось до 42%. Значение концентрации пыльцы составило 146 тыс./см², притока углей – 890 шт/см²/год.

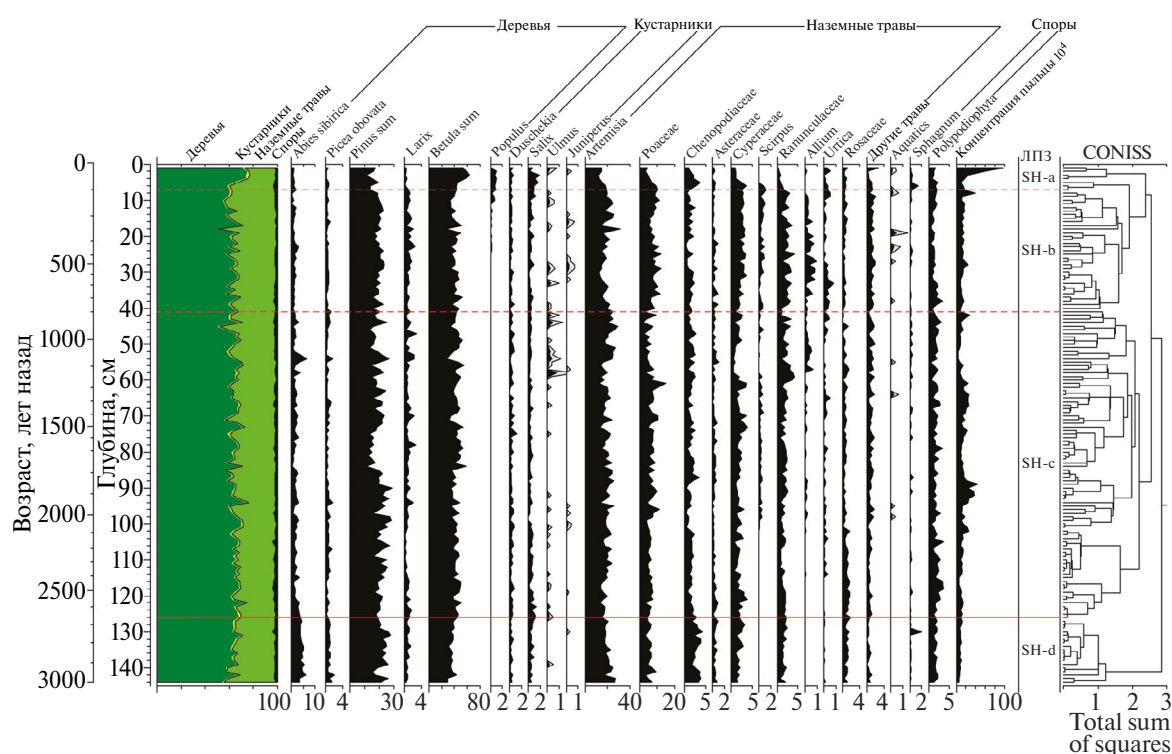


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений в керна Shira-2021-II-1, представленная относительно глубины и возраста отложений.

SH-b (42–6 см, 880–70 л.н.) – обилие пыльцы древесных и трав стало 62% и 35%, соответственно. Пыльца *Larix* составила уже 1.5%. Особенностью спектров является повышение обилия пыльцы Poaceae, Cyperaceae, лугово-степного разнотравья и появление пыльцы *Populus*. Значение концентрации пыльцы составило 142 тыс./см², приток микрочастиц углей снизился до 490 шт/см²/год.

SH-a (7–1 см, последние 70 лет) – доля пыльцы древесных достигла максимальных значений (72.5%), а трав – минимальных – 23%. В группе древесных до 58% повысились значения пыльцы *Betula*, а пыльцы *Populus* – до 0.7%. Среднее значение концентрации пыльцы стало максимальным – 496 тыс./см³, как и приток углей – 900 шт/см²/год.

Полученная нами пыльцевая запись по временному разрешению имеет только одну аналогичную запись в Минусинской котловине [7], предлежавшая ей на 530 лет.

Реконструкции предполагают развитие на равнинах севера Минусинской котловины поlyingно-злаково-разнотравных лугово-степных группировок, на вершинах сопот – лиственницы в континентальном и недостаточно влажном климате котловины 2980–2650 л.н., что поддерживается и низкими (в среднем 7) значениями A/Ch (рис. 2). Однако повышенное обилие пыльцы пихты и ели позволяет реконструировать более влажные условия в горном обрамлении котловины, что соответствует влажному и прохладному климату Саяно-Алтайского региона 3000–2300 л.н. [13, 14]. Важно отметить, что 2980–2750 л.н. в озере накапливались бедные органическим веществом “белые” илы, характерные для интервалов голомиктического состояния озёрной системы и пониженного уровня воды. Последнее могло возникать, когда глубокое промерзание пород перекрывало приток подземных вод, что приводило к падению уровня оз. Ширы [3]. Вероятно, более холодный климат и мог способствовать пониженному испарению/

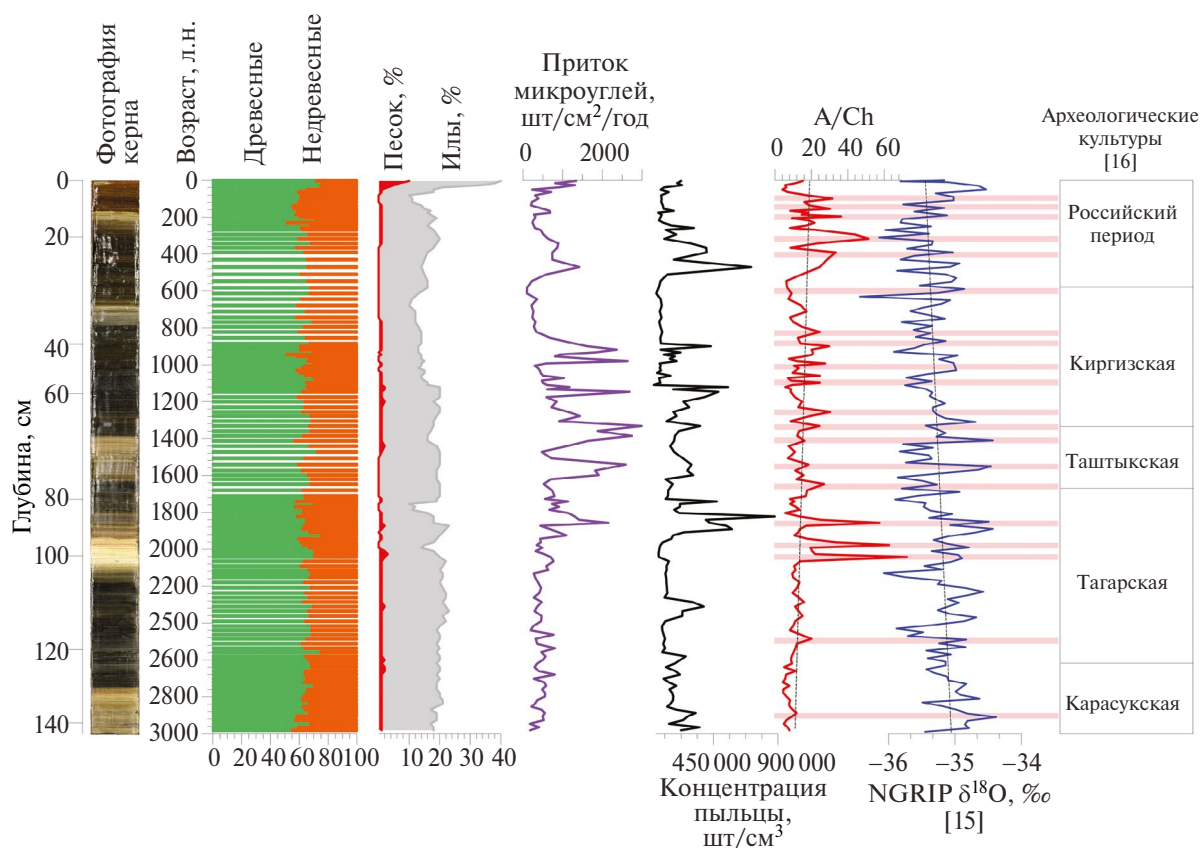


Рис. 2. Фотография керна и обобщающий график избранных показателей изменения природной среды в бассейне оз. Ширы за последние 2980 лет: пыльца древесных и травянистых растений; содержание крупнозернистых частиц в осадке из керна Shira-2021-II-1; приток углистых частиц, отражающих локальные пожары; концентрация пыльцы; отношение пыльцы A/Ch как индикатор изменения доступной растениям влаги; запись изотопов кислорода из ледового керна Гренландии NGRIP [15] как индикатор климата Северной Атлантики за последние 2980 лет; розовые прямоугольники, отмечающие пики в кривой A/Ch, имеющие аналоги в кривой NGRIP (повышенные температуры).

повышенному увлажнению и возникновению в горах благоприятных условий для темнохвойных древесных пород.

Позднее, 2650–880 л.н., на севере Минусинской котловины возросла роль лугово-степных группировок. Повышенные значения концентрации пыльцы предполагают более высокую, чем ранее, пыльцевую продуктивность растительности котловины и/или более густой растительный покров. В горном окружении котловины сократилось участие темнохвойных пород деревьев или произошло повышение их нижней границы. Лиственница, вяз, ива продолжали быть важными элементами локальной растительности. Реконструированные изменения в составе растительности 2650–880 л.н. предполагают континентальный, недостаточно влажный климата региона, который, однако, прерывался короткими эпизодами повышенного увлажнения, о чём свидетельствуют максимумы значений A/Ch 2040, 1980 и 1850 л.н. Слой “белёсых” илов, соответствующий похолоданию, формировался 2090–1950 л.н. Возможно, похолодание приводило к пониженному испарению, обеспечивая достаточное увлажнение для лугово-степных сообществ, что отражено в повышении индекса A/Ch в интервале 2650–880 л.н. до 16.

В интервале времени от 880 до 70 л.н. продолжали преобладать полынно-злаково-разнотравные степи. Начиная со 120–100 лет назад по берегам озера появились влажные местообитания, благоприятные для тополя, осоковых, лютиковых, что, возможно, свидетельствует о расширении прибрежной/мелководной зоны. Повышенное участие пыльцы злаков (в т.ч., культурных) может отражать их участие в растительности котловины и /или расширение литорали, где и в настоящее время злаковые (тростники) также обильны. Среднее значение индекса A/Ch в интервале 880–50 л.н. достигло 18, позволяя допустить ещё более благоприятные условия увлажнения для растительности, чем ранее.

Усиление роли берёзы в последние 50 лет совпадает по времени с аналогичным событием из записи LS09, подтверждая надёжность возрастных моделей обеих записей и их высокое временное разрешение. Распространение берёзы могло быть следствием преобразования местных ландшафтов из-за строительства курортных зон вокруг оз. Ши́ра [7]. Резко возросшее поступление в озеро частиц песчаной и иловой размерности в последние 50 лет также может быть следствием

возросшей, антропогенно-обусловленной эрозии наряду с активным эоловым привносом.

Сравнение вариаций в притоке микрочастиц углей в записи Shira-2021-II-1 (рис. 2) с последовательностью культур бронзового и железного веков [13] в Хакасии показывает, что повышенный приток углей приходится на финал тагарской, середину таштыкской, первую половину киргизской культуры и на современный период. Причём для последних 50–40 лет характерно постоянно высокое поступление частиц угля в донные отложения, что подтверждается и резким увеличением притока углистых частиц в озеро в современный период [6].

Для понимания возможных причин реконструированных изменений в региональной растительности проведено сравнение значений A/Ch как показателя доступной для растений влаги с вариациями температуры воздуха в Северной Атлантике (рис. 2). Визуальное сравнение обеих кривых показывает, что на протяжении последних 2980 лет почти каждому пику A/Ch соответствует пик в изотопно-кислородной записи NGRIP из Гренландии. Это может означать, что условия увлажнения для растительности на севере Минусинской котловины отражают декадную изменчивость температуры в Северной Атлантике [7]. Возможной причиной совпадения не всех пиков двух кривых может быть неопределённость в возрастных моделях записей, датированных разными методами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, новая палинологическая запись из керна Shira-2021-II-1 оказалась на 530 лет древнее предыдущей, позволив реконструировать историю растительности, климата и пожаров севера Минусинской котловины за последние 2980 лет с уникальным для региона средним временным разрешением в 21 год. Реконструкции показывают существование относительно влажного регионального климата 2980–2650 л.н. Климат самой котловины оставался достаточно засушливым, поддерживая существование степных и лугово-степных группировок вокруг оз. Ши́ра на протяжении последних 2980 лет. Тренд изменений отношения пыльцы A/Ch предполагает небольшое повышение уровня увлажнённости Минусинской котловины в интервале 2980–70 л.н. и его заметное снижение в последние 70 лет. Однако, это повышение прерывалось кратковременными интервалами усиления аридизации климата.

Максимальное поступление микрочастиц углей за последние 2980 лет приходится на существование такштыкской, киргизской культур и современный период, но были ли оно обусловлено только антропогенным влиянием, на данном этапе исследований определить трудно.

Реконструкции показали, что изменения растительности вокруг оз. Шира в позднем голоцене были обусловлены, главным образом, крупномасштабными циркуляционными процессами, менявшими баланс тепла и влаги в регионе. В новой пыльцевой записи так же, как и в предыдущей, не было найдено чётких пыльцевых показателей антропогенного влияния на растительность. Только заметное повышение содержания пыльцы берёзы в последние примерно 50 лет может указывать на проведение озеленения вокруг курортных зон.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Е.В. Кербера за работу с возрастной моделью.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены за счёт средств гранта РНФ № 23-17-00067 (бурение, опробование керна, палинологический анализ) и частично соответствуют государственному заданию ИГХ СО РАН № 0284-2021-0003.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rudaya N., Krivonogov S., Słowiński M., Cao X., Zhilich S. Postglacial history of the Steppe Altai: Climate, fire and plant diversity // *Quatern. Sci. Rev.* V. 242. 106616.
2. Leipe C., Demske D., Tarasov P. E., HIMPAC Project Members. A Holocene pollen record from the north-western Himalayan lake Tso Moriri: Implications for palaeoclimatic and archaeological research // *Quat. Int.* 2014. V. 348. 93–112.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.05.005>
3. Kalugin I., Darin A., Rogozin D., Tretyakov G. Seasonal and centennial cycles of carbonate mineralisation during the past 2500 years from varved sediment in Lake Shira, South Siberia // *Quat. Int.* 2013. V. 290–291. 245–252
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2012.09.016>
4. Degermendzhy A. G., Zadereev Y. S., Rogozin D. Y., Prokopkin I. G., Barkhatov Y. V., Tolomeev A. P., Khromechek E. B., Janse J. P., Mooij W. M., Gulati R. D. Vertical stratification of physical, chemical and biological components in two saline lakes Shira and Shunet (South Siberia, Russia) // *Aquat. Ecol.* 2010. V. 44. 619–632.
5. Rogozin D. Y., Tarnovsky M. O., Belolipetskii V. M., Zykov V. V., Zadereev E. S., Tolomeev A. P., Drobovtov A. V., Barkhatov Y. V., Gaevsky N. A., Gorbaneva T. B., Kolmakova A. A., Degermendzhi A. G. Disturbance of meromixis in saline Lake Shira (Siberia, Russia): Possible reasons and ecosystem response // *Limnologia*. 2017. V. 66. 12–23.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.limno.2017.06.004>
6. Rogozin D. Ю., Бурдин Л. А., Болобанищкова Г. Н., Дегерменджи А. Г. Беспрецедентное увеличение количества углистых частиц в донных отложениях озер Северо-Минусинской котловины (юг Сибири) в современный период как возможное свидетельство антропогенного влияния // *ДАН. Науки о Земле*. 2023. Т. 511 (2). 280–286.
<https://doi.org/10.31857/S2686739723600534>
7. Hildebrandt S., Müller S., Kalugin I. A., Dar'in A. V., Wagner M., Rogozin D. Y., Tarasov P. E. Tracing the North Atlantic decadal-scale climate variability in a late Holocene pollen record from southern Siberia // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2015. V. 426. 75–84.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.02.037>
8. Маскаев Ю. М. Леса. Растительный покров Хакасии // *Отв. ред. д-р биол. наук А.В. Куминова. Новосибирск: Наука (Сиб. отд-е), 1976.*
9. Zhang J., Ma X., Qiang M., Huang X., Li S., Guo X., Henderson A. C. G., Holmes J. A., Chen F. Developing Inorganic Carbon-Based Radiocarbon Chronologies for Holocene Lake Sediments in Arid NW China // *Quatern. Sci. Rev.* 2016. V. 144. 66–82.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.034>
10. Reimer P. J., Austin W. E. N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Lawrence Edwards R., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kromer B., Manning S. W., Muscheler R., Palmer J. G., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R. W., Richards D. A., Marian Scott E., Turney C. S. M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S. M., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The INTCAL20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*. 2020. V. 62 (4). 725–757.
<https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>

11. Clark J. S., Royall P. D. Local and regional sediment charcoal evidence for fire regimes in pre-settlement north-eastern North-America // J. of Ecol. 1996. V. 84. 382.
12. Grimm E. C. Tilia 1.7.16 Software. Springfield IL Illinois State Museum. Research and Collection Center. 2011.
13. Blyakharchuk T. A., Chernova N. A. Vegetation and climate in the Western Sayan Mts according to pollen data from Lugovoe Mire as a background for prehistoric cultural change in southern Middle Siberia // Quatern. Sci. Rev. 2013. V. 75. 22–42 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.05.017>
14. Bronnikova M. A., Konopliankova Y. V., Agatova A. R., Nepov R. K., Lebedeva M. P. Holocene Environmental Change in South-East Altai Evidenced by Soil Record // Geography, Environment, Sustainability. 2018. V. 11. 100–111. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-11-4-100-111>
15. Svensson A., Andersen K. K., Bigleret M., Clausen H. B., Dahl-Jensen D., Davies S. M., Johnsen S. J., Muscheler R., Parrenin F., Rasmussen S. O., Röthlisberger R., Seierstad I., Steffensen J. P., Vinther B. M. A 60000 year Greenland stratigraphic ice core chronology // Clim. Past. 2008. V. 4. 47–57. <https://doi.org/10.5194/cp-4-47-2008>
16. Славнин В. Д., Шерстова Л. И. Археолого-этнографический очерк Северной Хакасии в районе геологического полигона сибирских вузов. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 1999. 250 с.

VEGETATION AND CLIMATE IN THE NORTH OF THE MINUSINSK BASIN IN THE LATE HOLOCENE WITH DECADAL RESOLUTION: RECORD FROM LAKE SHIRA

E. V. Bezrukova^{a, #}, S. A. Reshetova^a, N. V. Kulagina^b, A. A. Shchetnikov^b,
I. A. Filinov^b, Academician of the RAS M. I. Kuzmin^a

^a*Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation*
^b*Institute of Earth Crust, Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences, Irkutsk, Russian Federation*
#E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

The results of studying the bottom sediments of the meromictic Lake Shira, located in the northern part of the Minusinsk Basin, are presented. The sediments are represented by annual layered series – varves, which allow reconstructing the history of the regional natural environment with a high resolution. The age model is based on seven ¹⁴C dates. The proposed new palynological record from the upper part of the Shira-2021-II-1 core extends the previous record by 530 years, providing a reconstruction of the natural environment of the region for the last 2980 calibrated years at an average resolution of 21 years. The reconstructions show a rather humid regional climate from 2980–2650 BP, with the climate of the basin itself being more arid, providing steppe and meadow-steppe assemblages around Lake Shira for the past 2980 years. The trend of changes in the *Artemisia*/Chenopodiaceae pollen ratio, considered as an indicator of moisture available to plants, suggests a slight increase in the moisture level in the Minusinsk Basin in the interval 2980–70 BP and its noticeable decrease in the last 70 years. However, the increase was interrupted by short-term intervals of increased climate aridization. Reconstructions have shown that changes in vegetation around Lake Shira in the late Holocene were mainly caused by large-scale circulation processes that changed regional moisture balance. Steppe vegetation was the most sensitive to moisture changes on a decadal scale. In the new pollen record, as in the previous one, no clear pollen indicators of anthropogenic influence on vegetation were found. Only a marked increase in birch pollen in the last 50 years may indicate landscaping around resort areas.

Keywords: south of Western Siberia, pollen, microcharcoal particles, Late Holocene, moisture variations, fine time resolution, anthropogenic impact