

**Причины пожарной активности  
и ее связь с изменениями растительных сообществ  
в котловине озера Нижнее Мультиинское (Республика Алтай)  
в позднем голоцене**

*Изучение в высоком разрешении палеозаписей донных отложений озер Алтая позволяет в деталях реконструировать палеоэкологическую обстановку этого уникального региона, где встречаются несколько климатических зон и большое разнообразие природных обстановок. В данной статье представлены результаты исследования колонки отложенной оз. Нижнее Мультиинское палинологическим методом и методом анализа макроуглей. По данным анализа макроуглей реконструирована пожарная обстановка в течение последних 3 тысяч лет и тип топлива для огня (дерево или травы). Данные о типе и распределении углей по глубине колонки оз. Нижнее Мультиинское сопоставлены с палинологическими данными и реконструированными методом биомизации доминирующими типами растительности. Результаты также сопоставлены с колонкой макроуглей из оз. Малое Яровое. Установлено, что для объектов, расположенных в Республике Алтай и Алтайском крае, периоды интенсификации пожаров имеют схожие временные рамки (3–2 тыс. л.н., около 1,5 тыс. л.н. и последние 200–500 лет) и не зависят от климатических изменений. В районе оз. Нижнее Мультиинское реконструировано преобладание лесных пожаров, выявлена связь растительных сообществ с интенсификацией пожаров. Так, при лесном пожаре сокращается доля таежной растительности. Высказана гипотеза о связи лесных пожаров с грозовой активностью в периоды сейсмической активности в районах, прилегающих к озеру, проведено сопоставление полученных данных по палеопожарам с данными о районах и времени палеоземлетрясений в Горном Алтае.*

Ключевые слова: пожары, поздний голоцен, Западная Сибирь, климат, растительность.

S.V. Zhilich✉, S.E. Karachurina  
Institute of Archaeology and Ethnography of the SB RAS  
Novosibirsk, Russia  
E-mail: snezhy@yandex.ru

**Causes of Fire Activity and Its Relation to Changes  
in Plant Communities in the Basin of Lake Nizhnee Multinskoe  
(Altai Republic) in the Late Holocene**

*High-resolution paleoenvironmental records of the bottom sediments from the lakes of the Altai make it possible to reconstruct the paleoecological situation in this unique region with several climatic zones and great variety of natural environments in detail. This article presents research into sediment column of Lake Nizhnee Multinskoe using palynological and macrocoal analyses. Occurrence of palaeofires for the last three thousand years and type of fire fuel (wood or grass) is reconstructed. Data on the type and distribution of coals in accordance with depth of the column from Lake Nizhnee Multinskoe was compared with palynological evidence and reconstructed dominant vegetation types. The results were also compared with macrocoal column from Lake Maloe Yarvoe. It has been established that periods of fire intensification for the sites of Altai Krai and Altai Republic had similar chronological boundaries (3–2 ka BP, about 1.5 ka BP, and last 200–500 years) and did not depend on climate changes. Forest fires prevailed in the area of Lake Nizhnee Multinskoe; plant communities showed connection with intensification of fires since the percentage of the taiga vegetation decreased during forest fires. The hypothesis on a connection between forest palaeofires and thunderstorms during the periods of seismic activity in the areas adjacent to the lake is proposed. The data on palaeofires is compared with data on the areas and time of paleoearthquakes in the Altai Mountains.*

Keywords: fires, Late Holocene, Western Siberia, climate, vegetation.

## Введение

Задача реконструкции условий обитания древнего человека и в целом климата и ландшафтов прошлого имеет значение не только для археологии, но и для большого круга научных направлений, связанных с изучением изменения климата Земли, его динамикой и причинами. Традиционно одним из наиболее благоприятных источников палеоклиматической информации являются палинологические данные из озерных донных отложений. Большая часть территории Российской Федерации является либо неизученной, либо слабоизученной с палеоклиматической точки зрения. Для реконструкции палеоклимата наибольший интерес представляют озера, расположенные в ландшафтах с четко выделенной зональностью, где можно проследить, как в течение тысячелетий сдвигались границы природных зон и изменялся вместе с климатом растительный покров. Алтай является одним из таких мест, где встречаются несколько климатических зон, большое разнообразие природных обстановок, и где изучение в высоком разрешении палеозаписей донных отложений позволяет в деталях реконструировать динамику изменения климата и ландшафтов. Также немаловажным фактором развития ландшафтов на территории Алтая являются лесные пожары, возникающие не только по вине человека, но в 20 % случаев из-за гроз, особенно в летний период, что, вероятно, связано с электромагнитной разгрузкой сейсмически напряженных зон [Кречетова, Кочеева, 2007]. В озерных отложениях наряду с пылью и другими органическими остатками хорошо сохраняются частицы угля, образовавшиеся в результате горения. Микрочастицы угля размером от 7 до 100 мкм можно подсчитывать в палинологическом образце, а более крупные (более 150 мкм) подсчитывают в разных размерных классах в рамках анализа макроуглей. Соотношение размерных классов говорит о дальности пожара от озера, его интенсивности, кроме того определяется морфотип угля (древесный, травянистый). Эти данные обрабатывают статистически для реконструкции интенсивности, дальности и вида топлива для пожаров в разные периоды времени. Сопоставляя полученные данные с реконструкцией изменений растительности и климата, можно судить о зависимости интенсивности и частоты пожаров от этих показателей, делать выводы о возможных антропогенных или природных причинах возгорания. Метод макроуглей широко применяется для исследования палеопожаров по всему миру [Hawthorne, Mitchell, 2016; и др.], в том числе и для анализа связи исчезновения лесов с антропогенным воздействием [Asouti, 2003]. На юге Западной Сибири метод был применен к озерным отложениям

озера Кучук [Rudaya et al., 2020] и озера Малое Яровое [Жилич, Рудая, 2021]. Результаты анализа макроуглей озера Малого Ярового приведены для сравнения с полученными результатами (рис. 1, А, Б).

Настоящее исследование посвящено изучению донных отложений оз. Нижнее Мультиинское (Республика Алтай) палинологическим методом и методом макроуглей. Озеро Нижнее Мультиинское расположено на высоте 1 643 м на северном склоне Катунского хребта в Усть-Коксинском р-не Республики Алтай. Мультиинские озера (Верхнее, Среднее и Нижнее) расположены в долине р. Мульты и соединены ею. Площадь зеркала оз. Нижнее Мультиинское 1,7 км<sup>2</sup> (линейные размеры 2 370 × 900 м), средняя глубина 21,5 м, водосборная площадь 77 км<sup>2</sup>. Воды озера пресные, слабощелочные. Климатические условия резко континентальные, среднегодовая температура от –2,0 °С до –6,3 °С, среднегодовое количество осадков 628–736 мм. Растительные сообщества в районе исследования соотносятся с бореальным типом высотной поясности, с широкой полосой тайги, развитием ерников и разнотравья в субальпийском поясе, а также тундр и гольцов в высокогорьях [Камелин, 1998].

## Методы

Керн донных отложений MN-03 длиной 1,56 м был получен в 2020 г. экспедицией ИАЭТ СО РАН с плавучей платформы с использованием гравитационного пробоотборника UWITEC. Ненарушенный керн донных отложений получен с глубины 22 м (50,010610° с.ш., 85,831320° в.д.), герметично запечатан и транспортирован в лабораторию, где был вскрыт, описан и опробирован для различных анализов с шагом 1 см. Полученные для керна MN-03 четыре даты откалиброваны, далее в реконструкциях используется только калиброванный возраст; медианные значения календарного возраста образцов использованы для построения возрастной модели с помощью пакета Bacon 2.2 в среде R с учетом резервуарного эффекта.

Палинологическим методом исследовано 75 образцов озерных отложений с шагом отбора проб 1 см. Отбирались навески по 1,0–2,5 г сухого вещества и обрабатывались для палинологического анализа по стандартной методике [Faegri, Iversen, 1989]. Временные препараты подготовленного образца изучались под световым микроскопом (Zeiss AxioImager с увеличением ×400). В образцах подсчитывалась пыльца и споры растений, а так же микроскопические угольные частицы (размер 10–150 мкм). Процентное содержание таксонов рассчитывалось относительно общего количества пыльцы древесных и травянистых растений, принятого за 100 %.

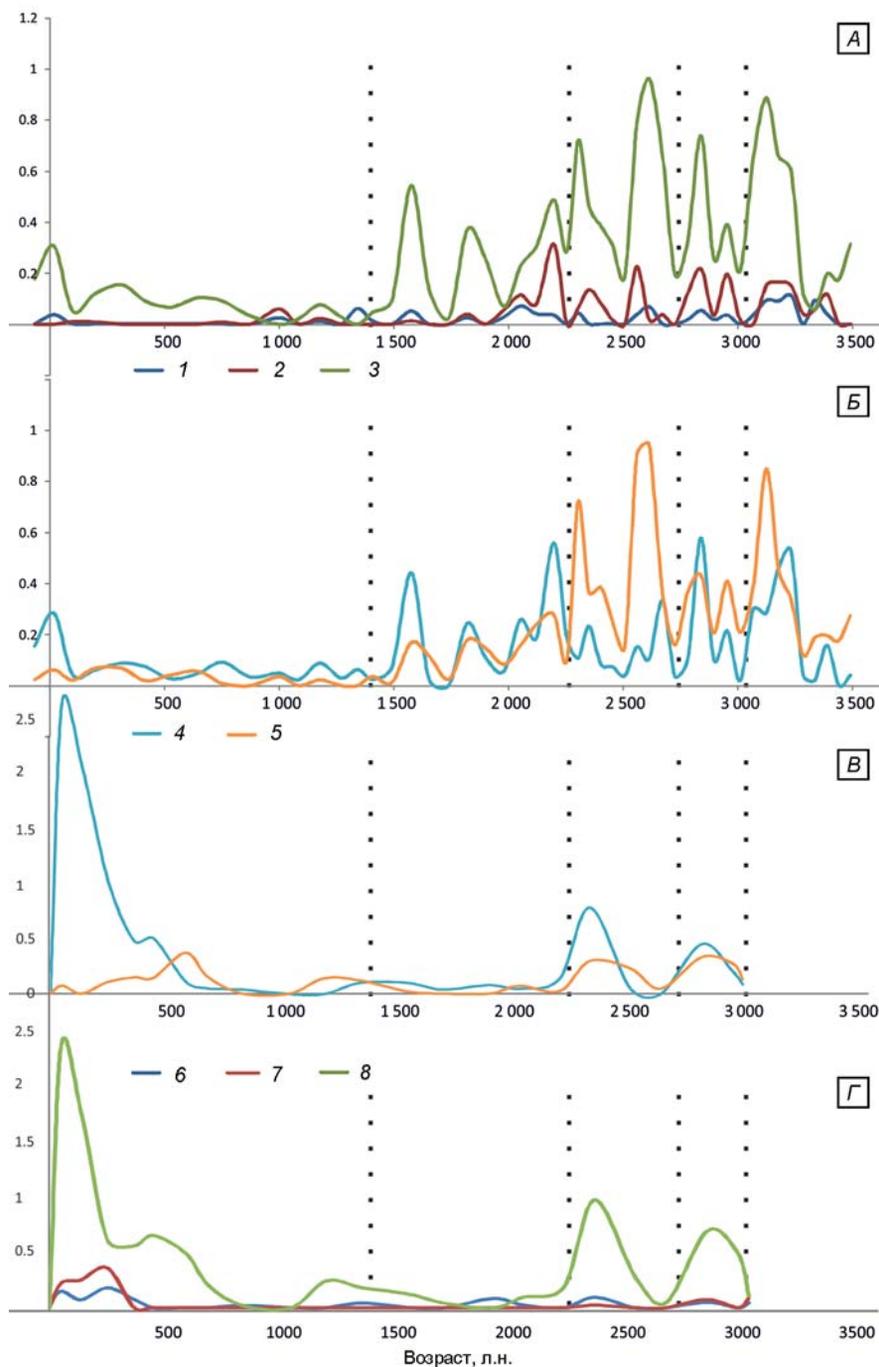


Рис. 1. Диаграмма распределения угольных частиц разного размера (А – оз. Малое Яровое, Г – оз. Нижнее Мультигинское) и разных морфотипов (Б – оз. Малое Яровое, В – оз. Нижнее Мультигинское) по глубине колонок в соответствии с возрастными моделями.

А: 1 – угли более 500 мкм, 2 – угли более 300 мкм, 3 – угли более 150 мкм; Б, В: 4 – всего древесных углей, 5 – всего травянистых углей; Г: 6 – угли более 500 мкм, 7 – угли более 300 мкм, 8 – угли более 150 мкм.

На основе палинологических данных выполнена количественная реконструкция растительности методом биомизации [Tarasov et al., 1998]. Биомы (растительные формации) являются наивысшей категорией растительности (тундра, тайга, степь, широколиственные листопадные леса, пустыни и т.д.). Математически основываясь на положениях нечеткой логики, количественно подсчитывают близость

совокупности всех таксонов из палинологического образца к определенному биому (вес биома). В результате реконструкции для каждого образца известны веса каждого биома.

Проведен анализ макроугольков 24 образцов из керна донных отложений оз. Нижнее Мультигинское, отобранных с шагом 2–3 см до глубины 75 см. Образцы на анализ отбирались навесками по 1 г, обра-

батывались гипохлоридом натрия ( $\text{NaClO}$  15–30 %) в течение 48 часов, затем были последовательно просеяны на ситах с размером ячейки 500, 300 и 150 мкм для разделения на размерные классы, т.к. угли меньшего размера могут переноситься на большие расстояния (вода, ветер и т.д.), а крупные в основном образуются на месте. Уголь определялся до морфотипа (дерево, трава, листья, корни и т.д.) в соответствии с описанной методикой [Courtney-Mustaphi, Pisaric, 2014; Feurdean et al., 2017]. Результаты представлены на диаграмме в единицах измерения инфлюкса шт/год/см<sup>2</sup> (рис. 1, В, Г).

## Результаты

По построенной возрастной модели, в которой был учтен резервуарный эффект ок. 344 лет, нижний образец с глубины 75 см соответствует возрасту 2,9 тыс. л.н. На рис. 2 представлена упрощенная палинологическая диаграмма оз. Нижнее Мультигинское (рис. 2, В), на которой отмечается относительная стабильность растительного покрова. На диаграмме приведены результаты подсчета микроугольных частиц, находящихся вместе с пыльцой в палинологическом препарате. Концентрация микрочастиц углей показывает постоянно довольно высокий уровень и не коррелирует с распределением макроуглей (рис. 2, А). Таким образом, нами экспериментально подтверждена более высокая эффективность метода анализа макроуглей для реконструкции пожаров по сравнению с учетом микроуглей в рамках палинологического анализа.

По палинологическим данным выполнена количественная реконструкция растительности, установлены преобладающие биомы тайги, степи и пустынных сообществ (рис. 2, В). В основании колонки и примерно до 2,5 тыс. л.н. преобладает биом тайги, а биом пустынь имеет низкие значения, что говорит о влажном и теплом климате, затем после 2,5 тыс. л.н. и до 1,8 тыс. л.н. баллы биомы тайги становятся ниже, а пустынь выше, доля древесной растительности уменьшается. Особенно низких значений биом тайги достигает около 2 тыс. л.н. Начиная с 1,8 до 1,6 тыс. л.н. баллы тайги увеличиваются, а степь и пустыни сохраняются на прежнем уровне, что говорит о прохладном и сухом климате. Понижение баллов тайги на фоне уменьшения доли древесной растительности происходит около 1,4 и 1 тыс. л.н., а так же около 200–100 л.н.

На рис. 1 представлено распределение угольных частиц (см. рис. 1, В, Г) по размерным классам, отражающими дальность пожара от озера. Частицы наименьшего размера (150–300 мкм) отражают более дальние пожары, а крупные частицы (более 500 мкм) – пожары в непосредственной близости. На

рис. 1, Г отражено распределение углей по типу исходного сырья – деревья и травы.

Выделены периоды большей пожарной активности в районе оз. Нижнее Мультигинское: 3–2,6, 2,5–2,2, 1,5–1 тыс. л.н. и последние 500 лет. Интенсивные пожары с 3 тыс. л.н. до 500 л.н. происходили вдали от озера. Наиболее интенсивные и близкие к озеру пожары происходят в последние 500 лет, с пиком примерно 100 л.н. Распределение углей по типу топлива (см. рис. 1, В) позволяет утверждать, что в период с 3 до 2,7 тыс. л.н. интенсивно горели как тайга, так и степь, а после 2,5 и до 1,5 тыс. л.н. интенсивнее горела тайга. Ок. 1,5–1 тыс. л.н. и ок. 500 л.н. горела только степь. Начиная с 500 л.н. и до примерно 100 л.н. очень интенсивно горела тайга, степных пожаров практически не было.

## Дискуссия

Сравнительный анализ интенсивности степных и таежных пожаров в районе оз. Нижнего Мультигинского и реконструкции растительности (см. рис. 2) выявил связь пожарной активности с изменениями в растительных сообществах. При этом четко отмечается отрицательная корреляционная связь между типом топлива при пожаре и уменьшением представленности соответствующего биомы. Интенсивные пожары с преобладанием древесного топлива (2,5–2 тыс. л.н. и после 500 л.н.) сопровождаются снижением доли древесной растительности, согласно палинологическим данным.

Сопоставление полученных результатов по Нижнему Мультигинскому озеру с ранее опубликованными данными палинологического анализа, реконструкциями среднегодового уровня осадков, доминирующих типов растительности и данными анализа макроуглей по оз. Малое Яровое (см. рис. 1, А, Б) [Rudaya et al., 2020; Жилич, Рудая, 2021] позволило обнаружить временную синхронность пиков пожарной активности для обоих регионов. Пики пожарной активности в районах озер совпадают, но различаются по интенсивности. Так, для периода активных пожаров от 3 до 2 тыс. л.н. характерна скорость накопления угольных частиц 0,5–1 шт/см<sup>2</sup>/год для обоих озер, но в более поздний период от 500 л.н. скорость накопления угольных частиц в осадках оз. Нижнее Мультигинское значительно выше, чем в Малом Яровом, и составляет в пике более 2,5 шт/см<sup>2</sup>/год. Это указывает на более высокую интенсивность пожарной активности в районе оз. Нижнее Мультигинское в этот период.

Для оз. Малого Ярового было показано, что интенсивные пожары приходится на периоды с высоким уровнем осадков [Жилич, Рудая, 2021] и, напротив, в периоды снижения осадков пожар-

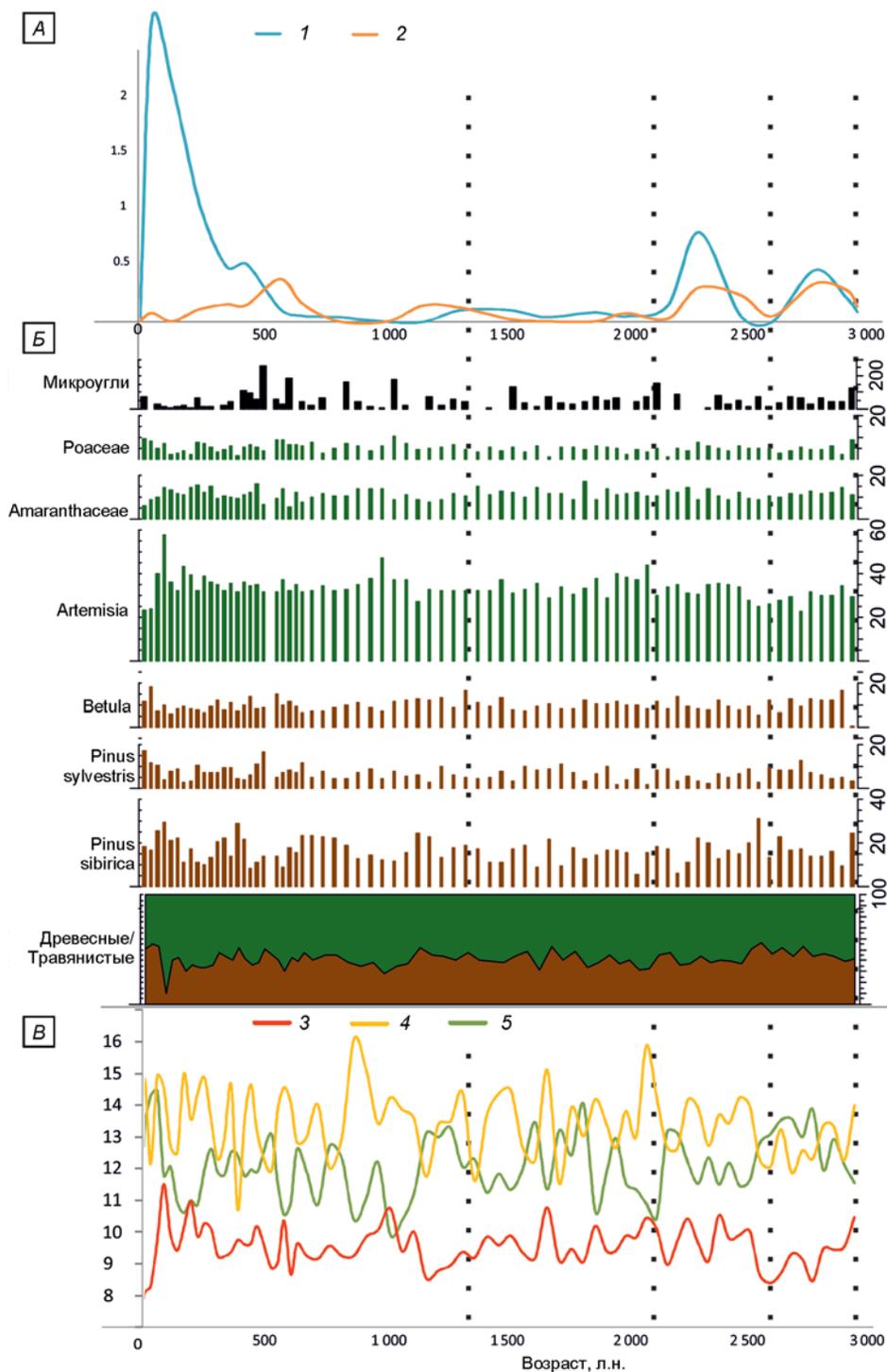


Рис. 2. Сопоставление данных анализа макроуглей (А), палинологических данных (Б), доминирующих типов растительности (В) из отложений озера Нижнее Мультигское.

А: 1 – всего древесных углей, 2 – всего травянистых углей; В: 3 – пустыня, 4 – степь, 5 – тайга.

ная активность также снижается, что не согласуется с распространенным мнением, что природные пожары связаны, в основном, с длительными засухами в летние периоды [Беспалов, 2013]. Кроме того, данные об изменениях растительности также не показывают явной корреляции с распределением макроуглей древесного и травянистого типа. Таким

образом, для района оз. Малое Яровое, расположенного в степной равнинной части Алтайского края, интенсификация пожаров могла быть связана с хозяйственной деятельностью человека.

Озеро Нижнее Мультигское находится в горной и более труднодоступной местности, где антропогенные факторы не могли иметь такое же значение,

как в районе Малого Ярового озера. Связь интенсивных пожаров в районе Нижнего Мультинского озера с климатическими изменениями также не просматривается, поскольку, по нашим данным и результатам реконструкций из других районов Горного Алтая [Рудая, 2022], период 3,5–1 тыс. л.н. характеризовался относительно теплым и влажным климатом, позднее нарастала аридизация, а в последние 100 лет климат стал влажнее [Там же].

На основе анализа пространственного распределения грозных лесных пожаров до и после Чуйского землетрясения 27 сентября 2003 г. была высказана гипотеза [Кречетова, Кочеева, 2007] о взаимосвязи возникновения пожаров с электромагнитной разгрузкой сейсмически напряженной зоны в подготовительный период перед землетрясением вдоль разломов. Озеро Нижнее Мультинское находится в одной из зон, где, по данным авторов [Там же], отмечалась повышенная частота пожаров, в т.ч. и грозного происхождения. Также авторы высказывают предположение, что пожары такого рода могут происходить вдоль разломов за какой-то период до землетрясения и после него. Для Горного Алтая есть ряд исследований, посвященных палеоземлетрясениям, реконструированным по геологическим данным с использованием методов датирования. По данным этих исследований, в позднем голоцене было несколько таких интервалов: в Курайской впадине 3,2–2,7 тыс. л.н. [Рогожин, Платонова, 2002], 1,3–1,0 тыс. л.н. [Рогожин, Овсяченко, Мараханов, 2008], 1,3–1,2 тыс. л. н. [Деев, 2019]; в Уймонской впадине, находящейся в непосредственной близости от Нижнего Мультинского озера, 1,2–1,1 тыс. л.н. [Там же]. Обозначенные интервалы совпадают с выявленными нами периодами пожарной активности по данным макроуглей из осадков озера. В рамках данного исследования такая гипотеза происхождения интенсивной пожарной активности кажется наиболее достоверной, т.к. объясняет, почему частота пожаров не зависит от климата и почему горело в основном дерево, поскольку молния попадает в высокие деревья и вызывает именно лесной пожар. Известные по литературным данным палеоземлетрясения не объясняют пик пожарной активности между 2,5 и 2 тыс. л.н., что может быть связано с недостаточной изученностью палеоземлетрясений в части районов Горного Алтая. Наиболее поздний пик пожаров (от 500 л.н. до современности) может быть отнесен к периоду продолжающейся по сей день сейсмической активности, который, по мнению сейсмологов, может быть еще не завершен [Кречетова, Кочеева, 2007].

### Заключение

Получена высокоразрешающая реконструкция растительных сообществ и пожарной активности

за последние 3 тыс. лет в районе оз. Нижнее Мультинское. Сопоставление полученных данных с ранее опубликованными данными по другим объектам Республики Алтай и Алтайского края выявило схожие тенденции в периодах интенсификации пожаров и подтвердило независимость экстремальной пожарной активности от климатических изменений. В районе оз. Нижнее Мультинское преобладают лесные пожары, усиление которых сказывается на растительных сообществах (при лесном пожаре сокращается представленность таежной растительности). Высказана гипотеза о связи лесных пожаров с грозной активностью в периоды сейсмической активности в районах, прилегающих к озеру, проведено сопоставление полученных данных по палеопожарам и данными о районах и времени палеоземлетрясений в Горном Алтае.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта НИР ИАЭТ СО РАН.

### Список литературы

- Беспалов С.В.** Оценка влияния осадков на площадную горимость территорий при природных пожарах // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2013. – № 1–2 (2). – С. 14–17.
- Деев Е.В.** Зоны концентрации древних и исторических землетрясений Горного Алтая // Физика Земли. – 2019. – № 3. – С. 71–96.
- Жилич С.В., Рудая Н.А.** Реконструкция палеопожаров Кулундинской степи для последних 3500 лет по данным из донных отложений озера Малое Яровое // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2021. – Т. 27. – С. 433–440.
- Камелин Р.В.** Материалы по истории флоры Азии (Алтайская горная страна). – Барнаул, 1998. – 240 с.
- Кречетова С.Ю., Кочеева Н.А.** К вопросу о связи лесных пожаров, возникших от гроз, с Чуйским землетрясением 2003 года // Мир науки, культуры, образования. – 2007. – Т. 3 (6). – С. 10–14.
- Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В.** Сильнейшие землетрясения на юге Горного Алтая в голоцене // Физика Земли. – 2008. – № 6. – С. 31–51.
- Рогожин Е.А., Платонова С.Г.** Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. – М.: ИФЗ РАН, 2002. – 130 с.
- Рудая Н.А.** Изменения климата, растительности и фиторазнообразия Алтайской Горной Страны в конце МИС 2 и голоцене: дис. ... докт. географ. наук. – М., 2022. – 98 с.

**Asouti E.** Woodland vegetation and fuel exploitation at the prehistoric campsite of Pınarbaşı, south-central Anatolia, Turkey: the evidence from the wood charcoal macro-remains // *J. of Archaeol. Sci.* – 2003. – Vol. 30 (9). – P. 1185–1201.

**Courtney-Mustaphi C.J., Pisaric M.F.** A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments // *Prog. Phys. Geogr.* – 2014. – Vol. 38. – P. 734–754.

**Faegri K., Iversen J.** *Textbook of Pollen Analysis.* – Caldwell: The Blackburn Press, 1989. – 328 p.

**Feurdean A., Veski S., Florescu G., Vannièrè B., Pfeiffer M., O’Hara R.B., Stivrins N., Amon L., Heinsalu A., Vassiljev J., Hickler T.** Broadleaf deciduous forest counterbalanced the direct effect of climate on Holocene fire regime in hemiboreal/boreal region (NE Europe) // *Quatern. Sci. Rev.* – 2017. – Vol. 169. – P. 378–390.

**Hawthorne D., Mitchell F.J.G.** Identifying past fire regimes throughout the Holocene in Ireland using new and established methods of charcoal analysis // *Quatern. Sci. Rev.* – 2016. – Vol. 137. – P. 45–53.

**Rudaya N., Krivonogov S., Slowinski M., Cao X., Zhilich S.** Postglacial history of the Steppe Altai: Climate, fire and plant diversity // *Quatern. Sci. Rev.* – 2020. – Vol. 249. – P. 106–616.

**Tarasov P.E., Webb III T., Andreev A.A., Afanas’eva N.B., Berezina N.A., Bezusko L.G., Blyakharchuk T.A., Bolikhovskaya N.S., Cheddadi R., Chernavskaya M.M., Chernova G.M., Dorofeyuk N.I., Dirksen V.G., Elina G.A., Filimonova L.V., Glebov F.Z., Guiot J., Gunova V.S., Harrison S.P., Jolly D., Khomutova V.I., Kvavadze E.V., Osipova I.M., Panova N.K., Prentice I.C., Saarse L., Sevastyanov D.V., Volkova V.S., Zernitskaya V.P.** Present-day and mid-Holocene biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from the former Soviet Union and Mongolia // *J. of Biogeography.* – 1998. – Vol. 25 (6). – P. 1029–1053.

## References

**Asouti E.** Woodland vegetation and fuel exploitation at the prehistoric campsite of Pınarbaşı, south-central Anatolia, Turkey: the evidence from the wood charcoal macro-remains. *J.I of Archaeological Science*, 2003. Vol. 30 (9). P. 1185–1201.

**Bespalov S.V.** Otsenka vliyaniya osadkov na ploshchadnyu gorimost’ territorii pri prirodnykh pozharakh. *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii*, 2013. Vol. 2. P. 14–17. (In Russ.).

**Courtney-Mustaphi C.J., Pisaric M.F.** A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments. *Prog. Phys. Geogr.*, 2014. Vol. 38. P. 734–754.

**Deev E.V.** Zony kontsentratsii drevnikh i istoricheskikh zemletryaseniï Gornogo Altaya. *Fizika Zemli*, 2019. Vol. 3. P. 71–96. (In Russ.).

**Faegri K., Iversen J.** *Textbook of Pollen Analysis.* Caldwell: The Blackburn Press, 1989. 328 p.

**Feurdean A., Veski S., Florescu G., Vannièrè B., Pfeiffer M., O’Hara R.B., Stivrins N., Amon L., Heinsalu A., Vassiljev J., Hickler T.** Broadleaf deciduous forest counterbalanced the direct effect of climate on Holocene fire regime in hemiboreal/boreal region (NE Europe). *Quatern. Sci. Rev.*, 2017. Vol. 169. P. 378–390.

**Hawthorne D., Mitchell F.J.G.** Identifying past fire regimes throughout the Holocene in Ireland using new and established methods of charcoal analysis. *Quatern. Sci. Rev.*, 2016. Vol. 137. – P. 45–53.

**Kamelin R.V.** Materialy po istorii flory Azii (Altayskaya gornaya strana). Barnaul, 1998. 240 p. (In Russ.).

**Krechetova S.Yu., Kocheeva N.A.** K voprosu o svyazi lesnykh pozharov, vznikshikh ot groz, s Chuiskim zemletryaseniem 2003 goda. *Mir nauki, kul’tury, obrazovaniya*, 2007. Vol. 3 (6). P. 10–14. (In Russ.).

**Rogozhin E.A., Ovsyuchenko A.N., Marakhanov A.V.** Sil’neishie zemletryaseniya na yuge Gornogo Altaya v golotsene. *Fizika Zemli*, 2008. Vol. 6. P. 31–51. (In Russ.).

**Rogozhin E.A., Platonova S.G.** Ochagovye zony sil’nykh zemletryaseniï Gornogo Altaya v golotsene. Moscow: IFZ RAS Publ., 2002. 130 p. (In Russ.).

**Rudaya N.A.** Izmeneniya klimata, rastitel’nosti i fitoraznoobrazziya Altaiskoi Gornoï Strany v kontse MIS2 i golotsene: doct. sc. (geogr.) dissertation. Moscow, 2022. 98 p. (In Russ.).

**Rudaya N., Krivonogov S., Slowinski M., Cao X., Zhilich S.** Postglacial history of the Steppe Altai: Climate, fire and plant diversity. *Quatern. Sci. Rev.*, 2020. Vol. 249. P. 106–616.

**Tarasov P.E., Webb III T., Andreev A.A., Afanas’eva N.B., Berezina N.A., Bezusko L.G., Blyakharchuk T.A., Bolikhovskaya N.S., Cheddadi R., Chernavskaya M.M., Chernova G.M., Dorofeyuk N.I., Dirksen V.G., Elina G.A., Filimonova L.V., Glebov F.Z., Guiot J., Gunova V.S., Harrison S.P., Jolly D., Khomutova V.I., Kvavadze E.V., Osipova I.M., Panova N.K., Prentice I.C., Saarse L., Sevastyanov D.V., Volkova V.S., Zernitskaya V.P.** Present-day and mid-Holocene biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from the former Soviet Union and Mongolia. *J. of Biogeography*, 1998. Vol. 25(6). P. 1029– 1053.

**Zhilich S.V., Rudaya N.A.** Reconstruction of Fire Activity in Kulunda Steppe for the Last 3500 Years Based on Data from Bottom Sediments of Lake Maloe Yarvoe. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2021. Vol. 27. P.433–440. (In Russ.).

Жилич С.В. <https://orcid.org/0000-0002-0365-0602>

Карачурина С.Е. <https://orcid.org/0000-0002-4955-2872>