

УДК 56.074.6

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОЖАРОВ НА ПРИМЕРЕ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛОТА МОХОВОЕ (СЕВЕРНЫЙ АЛТАЙ)

М. А. Пупышева^{1*}, Т. А. Бляхарчук^{1,2}

¹ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
(просп. Академический, 10/3, Томск, Россия, 634055), *455207@mail.ru

² Национальный исследовательский Томский государственный университет
(просп. Ленина, 36, Томск, Россия, 634050)

Представлены результаты реконструкции динамики пожаров в предгорьях Северного Алтая за последние 16 185 календарных лет на основе радиоуглеродного датирования и макроуголькового анализа отложений болота Моховое (Алтайский край). С помощью статистической обработки полученных данных в программном пакете Char Analysis в языковой среде R восстановлена локальная история пожаров, выявлен фоновый уровень аккумуляции частиц макроугольков, а также конкретные локальные пожарные эпизоды, время их возникновения и интенсивность. Установлено, что за всю историю развития болота произошло 27 локальных пожаров с 7 периодами максимальной пирогенной активности (14 200–13 600, 11 500–10 500, 9800–9200, 8400–6300, 5500–4300, 2900–1900, 1600–1000 кал. л. н.). Больше всего пожаров зафиксировано в атлантическом периоде (АТ) голоцена – 9 пожарных эпизодов с максимумом возгораний на границе этого и суббореального периода (SB) – 5500–5000 кал. л. н. Потепление голоценового оптимума, по всей видимости, способствовало возникновению серии мощных разрушительных локальных пожаров. Наименьшая пирогенная интенсивность зафиксирована в среднем дриасе (DR₂), аллереде (AL), позднем дриасе (DR₃) и в конце субатлантического периода (SA).

Ключевые слова: динамика пожаров; голоцен; Северный Алтай; макроугольковый анализ; болотные отложения

Для цитирования: Пупышева М. А., Бляхарчук Т. А. Реконструкция локальных пожаров на примере торфяных отложений болота Моховое (Северный Алтай) // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 8. С. 90–93. doi: 10.17076/esc1835

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось при поддержке гранта РФФИ № 23-27-00217.

M. A. Pupysheva^{1*}, T. A. Blyakharchuk^{1,2}. RECONSTRUCTION OF LOCAL FIRE HISTORY, EXAMPLE OF PEAT DEPOSITS OF THE MOKHOVOE MIRE (NORTHERN ALTAI)

¹ Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (10/3 Akademicheskoy Ave., 634055 Tomsk, Russia), *455207@mail.ru

² Tomsk State University (36 Lenin Ave., 634050 Tomsk, Russia)

The paper presents the results of a reconstruction of the dynamics of fires in the piedmont of Northern Altai over the last 16 185 calendar years based on macro-charcoal analysis and radiocarbon dating of deposits in Mokhovoe mire (Altai Krai). The local history of fires was reconstructed, the background level of accumulation of macro-charcoal particles was determined, and specific local fire episodes, the time of their occurrence and intensity were identified using statistical processing of the data in Char Analysis package in the R environment. It was revealed that through the entire history of the mire evolution there occurred 27 local fires with 7 periods of maximum pyrogenic activity (14 200–13 600, 11 500–10 500, 9800–9200, 8400–6300, 5500–4300, 2900–1900, 1600–1000 ka BP). The greatest number of fires occurred in the Atlantic period (AT) of the Holocene – 9 fire episodes with a maximum activity at the transition from the Atlantic (AT) to the Subboreal period (SB) – 5500–5000 ka BP. It is likely that the warming of the Holocene Climatic Optimum induced a series of strong destructive local fires. The lowest pyrogenic intensity was observed in the Middle Dryas (DR₂), Allerød (AL), Younger Dryas (DR₃), and at the end of the Subatlantic period (SA).

Keywords: dynamic of wildfires; Holocene; Northern Altai; macro-charcoal analysis; mire deposits

For citation: Pupysheva M. A., Blyakharchuk T. A. Reconstruction of local fire history, example of peat deposits of the Mokhovoe mire (Northern Altai). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2023. No. 8. P. 90–93. doi: 10.17076/eco1835

Funding. The study was funded under Russian Science Foundation grant # 23-27-00217.

Введение

С конца XX века на территории Алтае-Саянской горной страны наблюдается значительное увеличение частоты пожаров. Это происходит на фоне потепления климата, о чем свидетельствует рост средней температуры воздуха и количества температурных аномалий. Продолжающееся потепление климата может способствовать появлению новых очагов пожара, что приведет к перестройке природных экосистем и создаст угрозу для населения и экономики. Современный спутниковый мониторинг позволяет рассмотреть пирогенную обстановку в регионе, однако для разработки прогнозов вероятности пожаров и планов мероприятий, направленных на сохранение природных ландшафтов Алтае-Саянской горной страны, этих сведений недостаточно. Для выявления общего тренда пирогенной активности требуются данные за более длительный интервал времени, охватывающий весь голоцен, а не только за современный период. Наиболее достоверным источником информации являются озерно-болотные отложения, представляющие собой надежный «архив» палеоэкологических данных.

Так, обнаруживаемые в отложениях частицы макроугольков размером > 125 мкм свидетельствуют о пожарах прошлого, происходивших непосредственно вблизи болота (в радиусе 1–3 км от очага возгорания). Применение метода макроуголькового анализа с использованием средств программной обработки в Char Analysis [Higuera, 2009] позволяет восстановить непрерывную пирогенную историю прошлого. Цель нашей работы заключалась в получении реконструкции локальной истории пожаров на одном из участков Алтае-Саянской горной страны с использованием указанных современных методов получения и обработки материала.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбрано болото Моховое, расположенное в 4 км к юго-востоку от пос. Ая (Алтайский край). Во время полевых работ был отобран керн торфяных отложений мощностью 640 см. Для изучаемого разреза получено пять радиоуглеродных датировок [Пупышева, Бляхарчук, 2023] в Национальном университете Тайваня методом AMS.

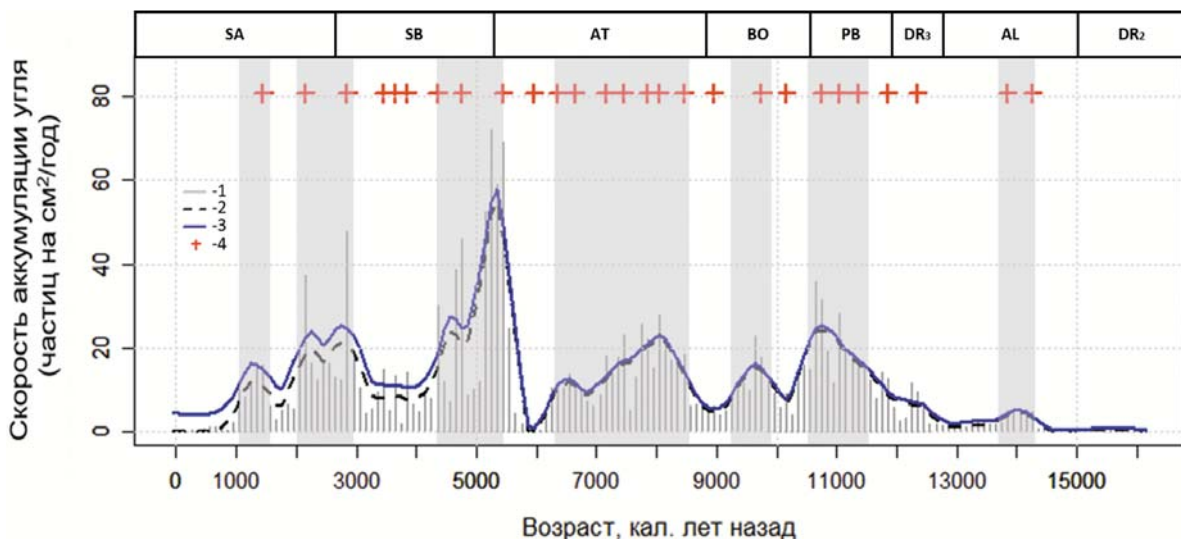
На основе радиоуглеродных дат, откалиброванных в программе Bacon [Blaauw, Christen, 2011] в R [R Core Team..., 2020] в системе счисления «от настоящего времени» (за нулевую точку отсчета принят 1950 г.), рассчитан календарный возраст каждого образца. На основе метода макроуголькового анализа реконструирована локальная история пожаров. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась в программном пакете Char Analysis [Higuera, 2009] в R [R Core Team..., 2020].

Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным, в предгорьях Северного Алтая за 16 185 кал. лет произошло 27 локальных палеопожаров с 7 периодами максимальной пирогенной активности: 14 200 – 13 600, 11 500–10 500, 9800–9200, 8400–6300, 5500–4300, 2900–1900, 1600–1000 кал. л. н. (рис.). В DR₂ локальных пожаров на территории исследования не зафиксировано. Начало AL также ознаменовалось беспожарным периодом (0–1 частица/см²/год). В середине AL произошло два локальных пожара (14 250, 13 800 кал. л. н. при скорости аккумуляции угольков до 4 частиц/см²/год). Затем до конца AL пожары не отмечены. В DR₃ началось постепен-

ное увеличение скорости аккумуляции частиц угля до значений 10–15 частиц/см²/год (12 350, 12 290 кал. л. н.). В пребореале (PB) количество пожаров увеличилось до четырех (11 800, 11 400, 11 100, 10 800 кал. л. н.), а скорость аккумуляции угольков возросла с 15 до 32 частиц на см²/год. Пик пожаров пришелся на середину PB (11 100 кал. л. н. – 27 частиц/см²/год) и его конец (11 800 кал. л. н. – 31 частица/см²/год). В бореале (BO), благодаря увеличению влажности климата, пожарная активность снизилась до трех локальных пожаров (10 200, 9750 и 9000 кал. л. н. со скоростью аккумуляции угольков от 6 до 19 частиц/см²/год).

Пик пожарной активности отмечен в АТ-периоде – девять локальных пожарных эпизодов (8400, 8100, 7800, 7450, 7200, 6600, 6350, 5950, 5450 кал. л. н.). С начала этого периода начался постепенный рост интенсивности пожаров, достигнув максимума 5450–5200 кал. л. н. (70–73 частицы/см²/год). По-видимому, это было обусловлено значительным увеличением температур в климатическом оптимуме голоцена. В SB количество пожаров снизилось до шести (4800, 4400, 3800, 3600, 3400, 2900 кал. л. н.), скорость аккумуляции угольков – с 73 до 10 частиц на см²/год к концу периода. В начале SA-периода отмечены два локальных палеопожара (2200 и 1490 кал. л. н. – 37 и 14 частиц



Изменение скорости аккумуляции макроугольков в отложениях болота Моховое, рассчитанное с помощью программы Char Analysis:

1 – интерполированные значения; 2 – фоновый уровень; 3 – пороговые значения; 4 – локальные пожарные эпизоды. Серым цветом выделены периоды максимальной пирогенной активности.

Changes in the accumulation rate of macro-charcoal in the sediments of the Mokhovoe mire, calculated using the Char Analysis program:

1 – CHAR-interpolated; 2 – CHAR-background; 3 – threshold; 4 – local fire episodes (peaks). Periods of maximum pyrogenic activity are highlighted in gray

на см²/год соответственно). Начиная с 1000 кал. лет и по настоящее время, согласно данным программы Char Analysis, пожарная активность снизилась до 0–5 частиц/см²/год, не выявив ни одного локального палеопожара.

Заключение

Предгорья Северного Алтая за последние 16 185 кал. л. неоднократно подвергались воздействию пожаров. С пребореала началось постепенное увеличение их интенсивности, достигнув максимума в АТ-периоде, что было обусловлено глобальным потеплением климата. Далее пожарная активность несколько уменьшилась. Повышения ее отмечены в периоды 2900–1900 и 1600–1000 кал. л. н., а затем фоновый уровень пожаров в пределах болота Моховое снизился до минимальных значений. В целом же в предгорьях Северного Алтая отмечен линейный тренд на увеличение локальной интенсивности пожаров с позднеледниковья до современности.

Литература

Пупышева М. А., Бляхарчук Т. А. Пожарная активность и динамика ландшафтов в предгорьях Северного Алтая с позднеледниковья до современности // XV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климатологическому мониторингу: тез. докл. XV Всерос. конф. с междунар. участием (Томск, 17–20 октября 2023 г.). Томск, 2023. С. 177–180.

*Поступила в редакцию / received: 01.11.2023; принята к публикации / accepted: 23.11.2023.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Пупышева Мария Александровна

младший научный сотрудник

e-mail: 455207@mail.ru

Бляхарчук Татьяна Артемьевна

д-р биол. наук, главный научный сотрудник ИМКЭС СО РАН; профессор кафедры географии ТГУ

e-mail: blyakharchuk@mail.ru

Blaauw M., Christen J. A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // *Bayesian Analysis*. 2011. Vol. 6. P. 457–474. doi: 10.1214/ba/1339616472

Higuera P. Char Analysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis. Bozeman: MT, Montana State University, 2009. 27 p.

R Core Team: a language and environment for statistical computing // *R foundation for statistical computing* [Электронный ресурс]. 2020. URL: www.r-project.org/index.html (дата обращения: 20.04.2023).

References

Blaauw M., Christen J. A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*. 2011;6:457–474. doi:10.1214/ba/1339616472

Higuera P. Char Analysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis. Bozeman: MT, Montana State University; 2009. 27 p.

Pupysheva M. A., Blyakharchuk T. A. Fire activity and landscape dynamics in the piedmont of the Northern Altai from the Late Glacial to the present. *XV Sibirskoe soveshchanie i shkola molodykh uchenykh po klimato-ekologicheskomu monitoringu: Tez. dokl. XV Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem (Tomsk, 17–20 oktyabrya 2023 g.) = XV Siberian meeting and school of young scientists on climatic and ecological monitoring: Abstracts XV All-Russ. conf. with int. part. (Tomsk, Oct. 17–20, 2023)*. Tomsk; 2023. P. 177–180. (In Russ.)

R Core Team: a language and environment for statistical computing. *R foundation for statistical computing*. 2020. URL: www.r-project.org/index.html (accessed: 20.04.2023).

CONTRIBUTORS:

Pupysheva, Maria

Junior Researcher

Blyakharchuk, Tatyana

Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS; Professor of Geography Department, Tomsk State University