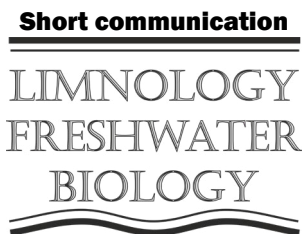


Peat deposits for studying the Holocene fire regime in the example of Kansk forest-steppe mires



Mikhailova A.B.*, Grenaderova A.V., Chentaeva Z.V., Skrebatun A.A.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Siberian Federal University», Svobodny str, 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia

ABSTRACT. The results of Holocene fires history reconstruction in the Kansk forest-steppe Krasnoyarsk Territory are presented using the example the Kuskun mire (Esaulovka river basin) and Rybnoye mire (Rybnaya river basin). The complex of paleoecological methods (analysis of macrofossils in peat and charcoal analysis) are using. The stages of increased fire activity were established at 4000-3000 and 1500-500 cal yr BP. These time intervals coincide with a decrease in moisture during the subboreal xerothermic maximum and a short dry period 1400-1300 cal. yr BP subsequently replaced by the Medieval Warm Period. When comparing the results obtained, a coincidence of long fire episodes with a change in local vegetation was revealed.

Keywords: Holocene, paleoecological reconstructions, peat deposits, charcoal analysis, Kansk forest-steppe

For citation: Mikhailova A.B., Grenaderova A.V., Chentaeva Z.V., Skrebatun A.A. Peat deposits for studying the Holocene fire regime in the example of Kansk forest-steppe mires // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 452-457. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-452

1. Introduction

Mire deposits are informative paleoarchives. A comprehensive study of mires using paleoecological methods it becomes possible to identify the response of plant communities to the total impact of climatic and pyrogenic factors, which is currently extremely important due to global climate change and the increased number of fires (Climate report..., 2023).

Throughout the Holocene, the number of fires increased during periods marked by rising temperatures and dry climate conditions and decreased during cold and humid periods, which in turn accumulated large amounts of flammable materials (Whitlock et al., 2010).

2. Materials and methods

The paleoecology mire study has been carried out since 2010 on the territory of the Kansk forest-steppe (Krasnoyarsk Territory) (Rodionova and Grenaderova, 2016; Mikhailova et al., 2021). The features of the local and regional vegetation development, moisture conditions are being studied and the fire regime is being reconstructed, which together makes it possible to reconstruct the dynamics of land-

scapes throughout the Holocene. This study presents the results of two lowland mire study: the Kuskun mire of the first above-floodplain terrace of the Esaulovka River (the 1st order right tributary of the Yenisei River) and the Rybnoe mire, located in the floodplain of the Rybnaya River (the 1st order right tributary of the Kan River, the source is located in the Koisky Belogorye, Eastern Sayan). The main research methods were the macrofossils analysis of peat, performed according to standard methods (Tyuremnov, 1976) and charcoal analysis, which consists of identifying and counting macro charcoal particles larger than 100 microns in size (Clark, 1988) and further processing in the program CharAnalysis (Higuera, 2009).

3. Results

According to the study of the Kuskun mire sediments covering a time period of 5700 calendar years BP (cal yr BP), the presence of fire events was established: 5700, 5300, 4400, 4100, 3700, 3100, 2900, 2000, 1700, 1400 and 600 cal yr BP (Fig. 1). The dates of fire episodes for which the rate of accumulation of charcoal particles per cm² per year did not reach the threshold value are also noted: 3500, 3300, 1000, 900 and 300 cal yr BP (points on the graph).

*Corresponding author.

E-mail address: arodionova@sfu-kras.ru (A.B. Mikhailova)

Received: June 10, 2024; **Accepted:** July 01, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



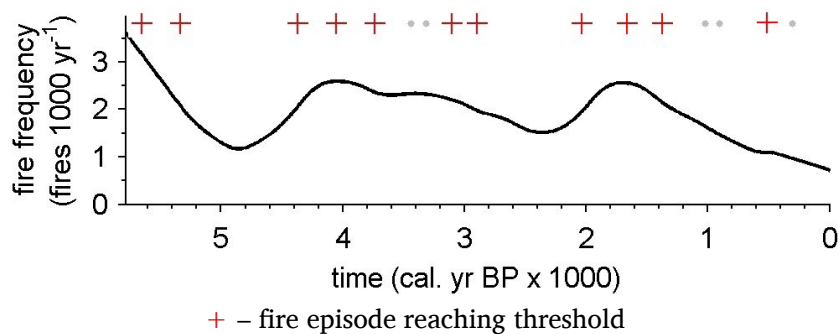


Fig.1. Frequency of fires according to the study of the Kuskun mire.

For the Rybnoe mire which located in 50 km east of the Kuskun mire over a period of 5400 cal yr BP the following fire events were noted: 4700, 3950, 3350, 3200, 2550, 800 cal yr BP (Fig. 2).

According to comparing the results, the following intervals of increased fire activity can be identified: 4000-3000 cal yr BP (2 fire events for the Kuskun and Rybnoe mire) 1000-500 cal yr BP (1 fire event for the Kuskun and Rybnoe mire and 2 fire events that did not reach the threshold value for these mire).

It has been established that in the range of 4000-3000 cal yr BP tree species took a significant part in the composition of local plant communities. For the Rybnoe mire the dominance of spruce (*Picea obovata* Ledeb) in the tree layer was observed and after 3000 cal yr BP an increase in birch (*Betula pubescence* L.) was noted, which may reflect a change in species due to pyrogenic succession. For the Kuskun mire in the indicated period 4000-3000 cal yr BP a stable presence of birch macroremains in the peat was recorded.

The next temporal stage of increased fire activity 1500-500 cal yr BP is also reflected in the composition of local vegetation. For the Kuskun and Rybnoe mires macroremains of birch were again recorded in significant quantities.

4. Discussion and conclusions

Based on this study it was established that increased fire activity and inter-fire intervals of 50-100 years are typical for periods of 4000-3000 as well as 1500-500 cal yr BP, which is consistent with a general decrease in moisture in the Krasnoyarsk Territory.

Koshkarov and Koshkarova (2003) for the Kas

River basin (northern part of the Krasnoyarsk Territory) produces 3800-3000 cal yr BP subboreal xerothermic maximum with rising temperatures and decreasing precipitation. According to the study of speleothems from the Torgashinskaya cave in the surroundings of Krasnoyarsk a decrease in the growth rate of stalagmite was recorded starting from 4.4 + 0.06/-0.09 thousand years ago and up to 3.8 thousand years ago, which indicates drier conditions (Columbu et al., 2023).

According to the study of the Pinchinskoye mire in the Esaulovka River basin (Mikhailova et al., 2021) recorded a short dry episode at 1400-1300 cal yr BP and Medieval Warm Period 1300-650 cal yr BP during which conditions could favor the occurrence of fires, but not as large as in the interval 4000-3000 cal yr BP. When comparing the results of charcoal analysis and macrofossils analysis a pattern of coincidence of fire events and an increased content of birch macroremains in the peat was established. Currently, for the burnt areas of hydromorphic dark coniferous forests of Eastern Siberia, the process of restoration by birch is very typical (Farber, 2012). According to the pollen analysis of Pinchinskoye and Bolshoye mire sediments in the Kansk forest-steppe during the indicated time intervals, birch was also present in the plant communities surrounding the mires, which in general may indicate a decrease in moisture (Mikhailova et al., 2021)

5. Acknowledgments

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 23-27-00341, <https://rscf.ru/project/23-27-00341/>.

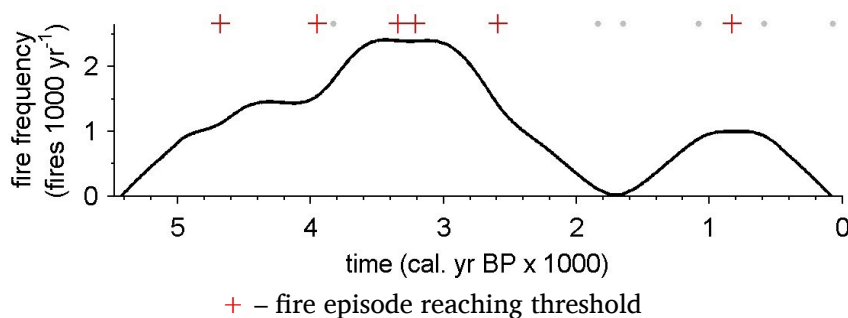


Fig.2. Frequency of fires according to the study of the Rybnoe mire

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Clark J. S. 1988. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary research* 30: 67-80.
- Columbu A., Zhorniyak L.V., Zanchetta G.et.al. 2023. A mid-Holocene stalagmite multiproxy record from southern Siberia (Krasnoyarsk, Russia) linked to the Siberian High patterns. *Quaternary Science Reviews* 320: 108355. DOI: [10.1016/j.quascirev.2023.108355](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108355)
- Farber S.K. 2012. Impact of fires on forests in Eastern Siberia. *Forest taxation and forest management* 1 (47): 131-141 (in Russian)
- Higuera P.E.2009. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis : user's guide. Bozeman: Montana State University.
- Koshkarov A.D., Koshkarova V.L. 2003. Development of the natural environment of the river basin. Kas in the post-glacial period. *Paleogeography of Central Siberia* 3. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State University. 38-43. (in Russian)
- Mikhailova A.B., Grenaderova A.V., Kurina I.V. et.al. 2021. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia. *Boreas* 50(4):948-966. DOI: [10.1111/bor.12542](https://doi.org/10.1111/bor.12542)
- Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2023. 2024. Moscow. (in Russian)
- Rodionova A.B., Grenaderova A.V. 2016. Study of macrofossils in peat for the purpose of reconstructing the paleoecological conditions of the Kansk forest-steppe (Yenisei Siberia). *Environmental Dynamics and Global Climate Change* 7. No. 1 (13): 108-115. (in Russian)
- Tyuremnov S.N. 1976. Peat deposits. Ed. 3rd. Moscow: Nedra. (in Russian)
- Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B. et al. 2010. Paleoecological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept. *The Open Ecology Journal* 3: 6-23. DOI: [10.2174/1874213001003020006](https://doi.org/10.2174/1874213001003020006)

Торфяные отложения как основа для изучения пожарного режима голоцена на примере болот Канской лесостепи



Михайлова А.Б.*, Гренадерова А.В., Чентаева З.В., Скребатун А.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты реконструкции истории пожаров в голоцене на территории Канской лесостепи Красноярского края на примере болота Кускун (бассейн р. Есауловка) и Рыбное (бассейн р. Рыбная) при помощи комплекса палеоэкологических методов (анализ макрофоссилий в торфе и палеоантракологический анализ). Установлены этапы усиления пожарной активности 4000-3000 и 1500-500 календарных лет назад. Данные временные интервалы совпадают с уменьшением увлажнения во время суббореального ксеротермического максимума и непродолжительного засушливого периода 1400-1300 кал.л.н. в последствии сменившимся Средневековым теплым периодом. При сравнении полученных результатов было выявлено совпадение продолжительных пожарных эпизодов со сменой локальной растительности.

Ключевые слова: голоцен, палеоэкологические реконструкции, торфяные отложения, палеоантракологический анализ, Канская лесостепь

Для цитирования: Михайлова А.Б., Гренадерова А.В., Чентаева З.В., Скребатун А.А. Торфяные отложения как основа для изучения пожарного режима голоцена на примере болот Канской лесостепи // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 452-457. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-452

1. Введение

Болотные отложения служат информативными палеоархивом, при комплексном изучении которых палеоэкологическими методами становится возможным выявить отклик растительных сообществ на суммарное воздействие климатического и пирогенного факторов, что в настоящее время крайне актуально в связи с глобальным изменением климата и возросшим количеством пожаров (Доклад об особенностях климата..., 2024).

На протяжении голоцена число пожаров увеличивалось в периоды, отмечающиеся ростом температуры и сухости климата, и уменьшалось в холодные и влажные периоды, в которые в свою очередь накапливается большое количество легкогорючих материалов (Whitlock et al., 2010).

2. Материалы и методы

На территории Канской лесостепи Красноярского края изучение палеоэкологии болот проводится с 2010 года (Родионова и Гренадерова, 2016; Mikhailova et al., 2021). Изучаются не только особенности развития локальной и региональной

растительности, условия увлажнения, но так же проводится реконструкция пожарного режима, что в комплексе делает возможным реконструкцию динамики ландшафтов на протяжении голоцена.

В данной работе представлены результаты изучения двух низинных болот: болото Кускун первой надпойменной террасы р. Есауловка (правый приток р. Енисей 1-го порядка) и болото Рыбное, расположенного в пойме р. Рыбная (правый приток р. Кан 1-го порядка, берущий начало в отрогах Койского Белогорья в Восточном Саяне).

Основными методами исследования стали анализ макрофоссилий в торфе, выполненный по стандартной методике (Тюремнов, 1976) и палеоантракологический анализ, заключающийся в идентификации и подсчете частиц макроугля размером более 100 мкм (Clark, 1988) и дальнейшей обработке в программе CharAnalysis (Higuera, 2009).

3. Результаты

По данным изучения отложений болота Кускун, охватывающих временной период 5700 календарных лет (далее – кал.л.н.), установлено наличие пожарных событий: 5700, 5300, 4400, 4100,

*Автор для переписки.

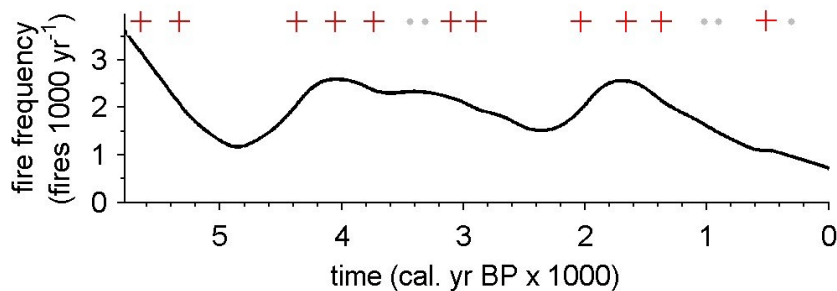
Адрес e-mail: arodionova@sfu-kras.ru (А.Б. Михайлова)

Поступила: 10 июня 2024; Принята: 01 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.





+ – пожарный эпизод, достигший порогового значения

Рис.1. Частота возгораний по данным изучения болота Кускун

3700, 3100, 2900, 2000, 1700, 1400 и 600 кал.л.н. (рис. 1) Также отмечаются даты возникновения пожарных эпизодов, для которых скорость аккумуляции частиц угля на см² в год не достигла порогового значения: 3500, 3300, 1000, 900 и 300 кал.л.н. (точки на графике).

Для болота Рыбное, расположенного в 50-ти км восточнее болота Кускун, за период 5400 кал. л.н. отмечаются следующие пожарные события: 4700, 3950, 3350, 3200, 2550, 800 кал.л.н (рис.2).

При сравнении полученных результатов можно выделить следующие интервалы усиления пожарной активности: 4000-3000 кал.л.н. (2 пожарных события для болота Кускун и Рыбное) 1000-500 кал. л. н. (1 пожарное событие для болота Кускун и Рыбное и 2 пожарных события, не достигших порогового значения для данных болот).

Установлено, что в интервале 4000-3000 кал. л. н. в составе локальных растительных сообществ значительное участие принимали древесные породы. Так, для болота Рыбное наблюдается доминирование в древесном ярусе ели (*Picea obovata* Ledeb), а после 3000 кал.л.н. отмечено увеличение березы (*Betula pubescence* L.), что может отражать смену пород вследствие пирогенной сукцессии. Для болота Кускун в указанный период 4000-3000 кал.л.н. фиксируется стабильное присутствие в торфе макроостатков березы.

Следующий временной этап усиления пожарной активности 1500-500 кал.л.н также находит отражение в составе локальной растительности. Так для болот Кускун и Рыбное вновь в значительном количестве фиксируются макроостатки березы.

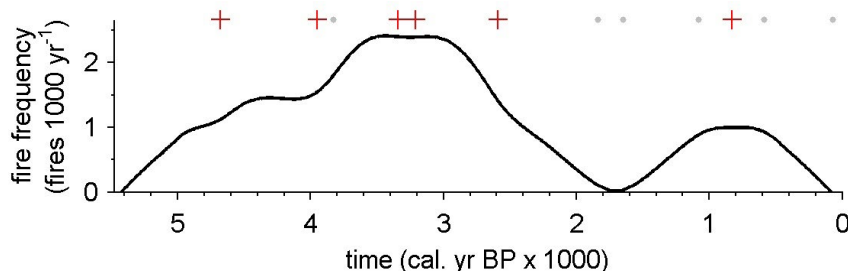
4. Обсуждение и выводы

На основании проведенного исследования установлено, что усиление пожарной активности и межпожарные интервалы в 50-100 лет характерны для периодов 4000-3000, а также 1500-500 кал.л.н., что согласуется с общим уменьшением увлажнения территории Красноярского края.

Так, Кошкарров и Кошкаророва (2003) для бассейна р. Кас (северная часть Красноярского края) выделяют 3800-3000 кал. л. н. суббореальный ксеротермический максимум с ростом температуры и уменьшением количества осадков. По данным изучения спелеотем из пещеры Торгашинская в окрестностях г. Красноярск фиксируется уменьшение скорости нарастания сталагмита начиная с 4.4 + 0.06/-0.09 тыс. лет назад и вплоть до 3.8 тыс. лет назад, что указывает на более сухие условия (Columbu et al., 2023).

По данным изучения болота Пинчинское в бассейне р. Есауловка (Mikhailova et al., 2021) фиксируется непродолжительный засушливый эпизод 1400-1300 кал.л.н. и Средневековый теплый период 1300-650 кал. л. н., в течение которых условия могли способствовать возникновению пожаров, но не столь масштабных, как в интервал 4000-3000 кал. л. н.

При сравнении полученных результатов палеоантракологического анализа и анализа макрофоссилий установлена закономерность совпадения пожарных событий и повышенного содержания макроостатков березы в составе торфа. В настоящее время для гарей гидроморфных темнохвойных лесов Восточной Сибири весьма типичен процесс



+ – пожарный эпизод, достигший порогового значения

Рис.2. Частота возгораний по данным изучения болота Рыбное

восстановления березой (Фарбер, 2012). По данным спорово-пыльцевого анализа отложений болот Канской лесостепи Пинчинское и Большое в указанные временные интервалы береза присутствовала и в составе окружающих болота растительных сообществ, что в целом может свидетельствовать об уменьшении увлажнения (Mikhailova et al., 2021)

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №23-27-00341, <https://rscf.ru/project/23-27-00341/>.

Список литературы

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2023 год. 2024. Москва.

Кошкарлов А.Д., Кошкарлова В.Л. 2003. Развитие природной среды бассейна р. Кас в послеледниковый период. Палеогеография Средней Сибири 3. Красноярск: Красноярский государственный университет. 38-43.

Родионова А.Б., Гренадерова А.В. 2016. Изучение макрофоссилий в торфе с целью реконструкции палеоэко-

логических условий Канской лесостепи (Приенисейская Сибирь). Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата 7. № 1 (13): 108-115.

Тюрменов С.Н. 1976. Торфяные месторождения. Изд. 3-е. Москва: Недра.

Фарбер С.К. 2012. Воздействие пожаров на леса Восточной Сибири. Лесная таксация и лесоустройство 1 (47):131-141. Clark J. S. 1988. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. Quaternary research 30, 67-80.

Clark J. S. 1988. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. Quaternary research 30: 67-80.

Columbu A., Zhornyak L.V., Zanchetta G. et.al. 2023. A mid-Holocene stalagmite multiproxy record from southern Siberia (Krasnoyarsk, Russia) linked to the Siberian High patterns. Quaternary Science Reviews 320: 108355. DOI: [10.1016/j.quascirev.2023.108355](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108355)

Higuera P.E. 2009. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis: user's guide. Bozeman: Montana State University.

Mikhailova A.B., Grenaderova A.V., Kurina I.V. et.al. 2021. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia. Boreas 50(4):948-966. DOI: [10.1111/bor.12542](https://doi.org/10.1111/bor.12542)

Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B. et al. 2010. Paleoeological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept. The Open Ecology Journal 3: 6-23. DOI: [10.2174/1874213001003020006](https://doi.org/10.2174/1874213001003020006)