

## ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЦЕНТРЕ И НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ: РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ УГЛЯ В ТОРФЕ

## DYNAMICS OF FOREST FIRES IN THE CENTRAL AND NORTH-WEST PARTS OF THE CENTRAL SIBERIAN PLATEAU IN THE LATE HOLOCENE: RECONSTRUCTION BASED ON THE ANALYSIS OF MACROCHARCOAL IN PEAT

*Д.А. Куприянов<sup>1</sup>, Е.Ю. Новенко<sup>1,2</sup>, Н.Г. Мазей<sup>1</sup>, С.А. Прокушкин<sup>3,4</sup>*  
*D.A. Kupriyanov<sup>1</sup>, E.Yu. Novenko<sup>1,2</sup>, N.G. Mazei<sup>1</sup>, S.A. Prokushkin<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет, Россия, Москва

<sup>2</sup>Институт географии РАН, Россия, Москва

<sup>3</sup>Институт леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН, ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск, Россия,

<sup>4</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

E-mail: dmitriy Kupriyanov1994@yandex.ru; lenanov@mail.ru; prokushkin@ksc.krasn.ru

Частота возникновения лесных пожаров определяется различными факторами и играет важную роль как в динамике ландшафтных компонентов (в первую очередь растительного покрова), так и в хозяйственной деятельности человека. Выявление факторов, определяющих изменения пожарных режимов в прошлом, позволит спрогнозировать возможную динамику лесных пожаров в условиях меняющегося климата текущего столетия и выявить их влияние на экосистемы, что определяет актуальность представленного исследования. При палеоэкологических исследованиях и реконструкции периодичности лесных пожаров в голоцене большое внимание уделено изучению торфяных залежей болот как естественных палеоархивов природной среды, сохраняющих в себе частицы угля – важнейшие индикаторы лесных пожаров. История лесных пожаров в голоцене на Среднесибирском плоскогорье (в том числе плато Путорана) до настоящего времени мало изучена. При этом данный обширный регион характеризуется высокой пожарной опасностью, возрастающей в последние годы.

Реконструкции истории лесных пожаров Среднесибирского плоскогорья в позднем голоцене выполнены по данным изучения макроскопических частиц угля в разрезах двух болот: Герви (северо-западная часть плато Путорана, координаты: 69°28'13,0718» с.ш., 91°26'24,4192» в.д.), расположенного в пределах озёрной террасы озера Лама (бассейн р. Пясины) и болота Тура (Среднесибирское плоскогорье, координаты: 64°17'23,8518» с.ш., 100°11'55,4676» в.д.), находящегося на первой надпойменной террасе р. Кочечум недалеко от её впадения в р. Нижняя Тунгуска. Проведено

сравнение с климатическими изменениями в голоцене, выявленными в Российской Арктике и на севере Сибири.

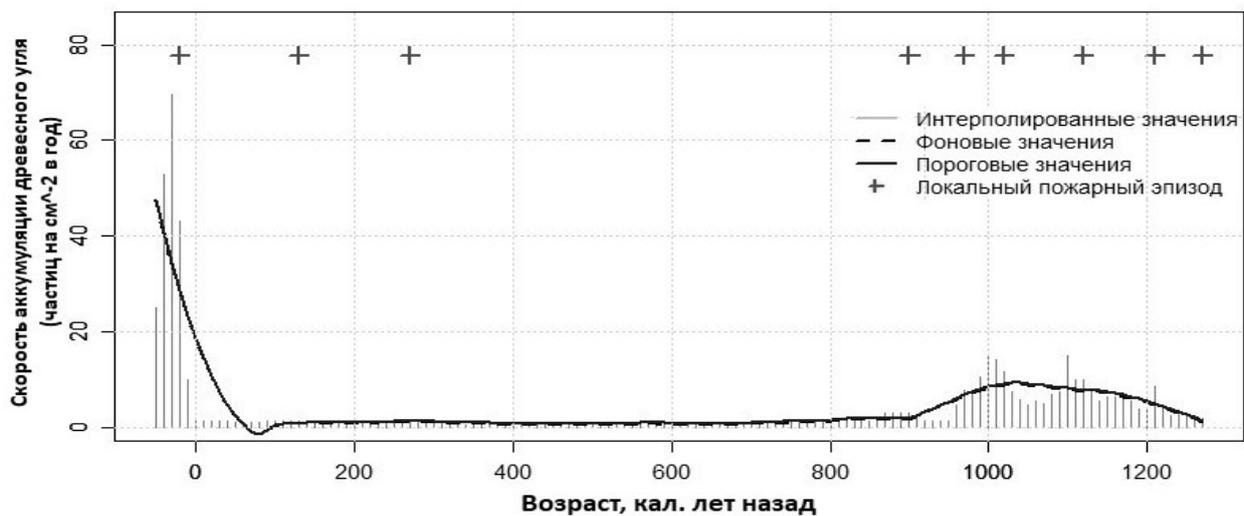
Реконструкция истории лесных пожаров проведена на основе палеоантракологического анализа (изучения частиц угля размером >125 мкм, накопившихся в торфяной залежи). Анализ частиц такого размера позволяет выявить региональные и локальные закономерности в истории лесных пожаров [Conedera et al., 2009]. Для выделения частиц угля из торфа использовалась стандартная методика [Mooney, Tinner, 2011].

Для установления региональной специфики динамики лесных пожаров, определяемой фоновыми скоростями накопления частиц угля в торфе, а также выявления локальных пожарных эпизодов (пожаров или серий пожаров, происходивших на самом болоте и/или расстоянии до 1–3 км от него) использовался программный пакет CharAnalysis [Higuera, 2009]. Программа позволяет произвести расчёт скоростей накопления частиц угля (CHAR-индекс), определить фоновые и пороговые значения CHAR для отделения локального и регионального сигналов динамики лесных пожаров. Хронологической основой реконструкций выступает модель вертикальной скорости роста торфяной залежи, построенная по трём AMS-датировкам для каждой из торфяных залежей (таблица). При расчёте фоновых и пороговых значений скоростей накопления частиц угля в торфяных отложениях изученных болот, а также выявления локальных пожарных эпизодов применялась LOWESS (локально взвешенная линейная регрессия) как метод сглаживания, с периодом сглаживания 300 лет.

Период, по которому происходила интерполяция данных, составлял 10 лет для болота Герви и 25 лет для болота Тура. Временное окно для определения локальных пожарных эпизодов составляло 1200 и 3600 лет соответственно.

Результаты палеоантракологического анализа торфяных отложений болота Герви (рис. 1) показали, что на начальной стадии развития болота (1250–950 кал. лет назад) скорости накопления частиц угля были относительно велики и достигали значений 17 частиц на см<sup>2</sup> в год. Выделено 6 локальных пожарных эпизодов, что приблизительно соответствует одному пожару в 50 лет. После 950 кал. лет назад фоновая скорость аккумуляции макрокопических частиц

угля в торфе понижается до 3 частиц на см<sup>2</sup> в год, число лесных пожаров существенно сократилось. Для периода 950–50 кал. лет назад выделено 2 локальных пирогенных эпизода. Вероятно, это обусловлено климатическими причинами, в том числе похолоданием Малого ледникового периода. В течение последних 50 лет произошло существенное увеличение скоростей аккумуляции частиц угля (до 70 частиц на см<sup>2</sup> в год), что, вероятно, обусловлено как современными климатическими изменениями, так и влиянием антропогенного фактора, связанного с рекреационным освоением изучаемой территории.



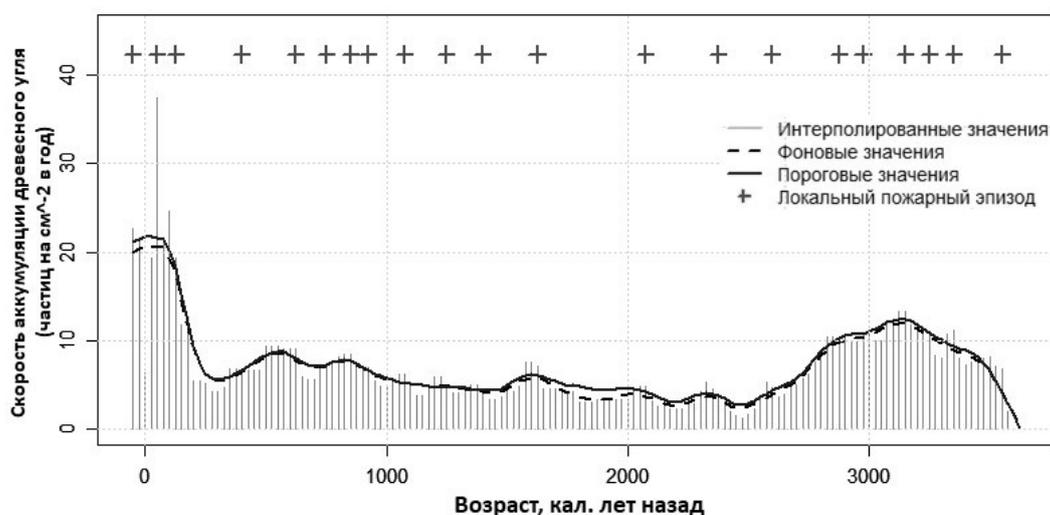
**Рис. 1.** Скорость аккумуляции частиц угля (CHAR-индекс), фоновые и пороговые значения CHAR и локальные пожарные эпизоды по данным изучения содержания макрокопических частиц угля в торфяной залежи болота Герви

**Таблица.** Результаты радиоуглеродного датирования торфяных отложений болот Герви и Тура

Лабораторный номер образца IGAN <sub>AMS</sub>	Болото и глубина отбора образца, см	Материал для датирования	Радиоуглеродный возраст <sup>14</sup> C, лет назад (1σ)/pMC, %	Интервал калиброванного возраста, календарных лет назад, 2σ (вероятность)
7381	Тура, 9-10	Растительные остатки	220±20	150–174 (0,444) 177–185 (0,022) 272–304 (0,447)
7382	Тура, 36-37	Растительные остатки	2260±20	2162–2168 (0,011) 2178–2243 (0,477) 302– 2343 (0,512)
7383	Тура, 63-64	Растительные остатки	3390±20	3579–3649 (0,702) 3658–3691 (0,298)
7387	Герви, 10	Растительные остатки	119,09 %±0,268 %	1985–1986 н.э. (0,849)
7388	Герви, 30	Растительные остатки	1060±20	929–987 (0,930)
7389	Герви, 63	Растительные остатки	1340±20	1260–1301 (0,975)

По данным изучения концентрации макрочастиц угля в торфе болота Тура выделено 3 периода разной частоты лесных пожаров (рис. 2). На первом этапе (3600–2700 кал. лет назад) фоновые скорости аккумуляции угля изменялись в диапазоне от 8 до 12 частиц на  $\text{см}^2$  в год с максимумом 3100 кал. лет назад. Для этой стадии было выделено 6 локальных пожарных эпизодов, что приблизительно соответствует частоте лесных пожаров в 1 пожар на 150 лет. В интервале 2700–300 кал. лет назад скорости

аккумуляции частиц угля характеризуются низкими значениями в пределах от 3 до 8 частиц на  $\text{см}^2$  в год. Для данного интервала выделено 12 локальных пожарных эпизодов (приблизительно 1 пожар в 200 лет). В последние 300 лет скорости аккумуляции макрочастиц угля возрастают до значений 21 (с максимумом 38) частиц на  $\text{см}^2$  в год. Предположительно, рост аккумуляции угольных частиц связан с хозяйственным освоением территории.



**Рис. 2.** Скорость аккумуляции частиц угля (CHAR-индекс), фоновые и пороговые значения CHAR и локальные пожарные эпизоды по данным изучения содержания макроскопических частиц угля в торфяной залежи болота Тура

Реконструкции периодичности лесных пожаров, основанные на изучении макроскопических частиц угля по двум разрезам для Среднесибирского плоскогорья, показали, что на этапах потепления климата: конец суббореального периода голоцена (3600–2700 кал. лет назад) и Средневековый климатический оптимум (1270–980 кал. лет назад) – частота лесных пожаров возрастала. В периоды похолодания и увлажнения климата – начало

неогляциала (около 2700 кал. лет назад) и Малого ледникового периода – пожарная активность снижалась. Заключительные стадии (последние ~50 лет для западной части плато Путорана и ~300 лет для центральной части Среднесибирского плоскогорья) характеризуются резким увеличением скоростей аккумуляции частиц угля, что, вероятно, обусловлено климатическими изменениями и ростом антропогенной нагрузки.

Исследования выполнены при поддержке проекта РФФ 20-17-00043.

1. Conedera M., Tinner W., Neff C. [et al.] Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation // *Quat. Sci. Rev.* 2009. Vol. 28 (5–6). P. 555–576.
2. Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and Analytical Tools for Sediment Charcoal Analysis : User's Guide. Bozeman, MT : Montana State Univ, 2009. 32 p.
3. Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires Peat.* 2011. Vol. 7. P. 1–18.