

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА

Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием
«Марковские чтения 2020 года»,
посвященной 115-летию со дня рождения академика К.К. Маркова

*Ответственные редакторы:
доктор географических наук Н.С. Болиховская,
кандидат географических наук Т.С. Ключевиткина,
доктор географических наук Т.А. Янина*

Москва – 2020

УДК 551.8; 551.7

Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» / Отв. редакторы Н. С. Болиховская, Т. С. Клювиткина, Т. А. Янина. – М.: Географический факультет МГУ, 2020. – 496 с.

В книге опубликованы материалы, представленные в докладах Всероссийской научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года: Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена» (6–8 ноября 2020 г., Москва), посвященной 115-летию со дня рождения академика К.К. Маркова. Авторами на современном уровне знаний, отражающем развитие идей К.К. Маркова (1905–1980), освещаются ключевые вопросы палеогеографии и стратиграфии квартера: строение, генетические типы, дробная климатостратиграфия и абсолютный возраст четвертичных отложений; распространение и периодизация покровных и горных оледенений; колебания уровня внутренних и внешних морей Евразии; периодизация и корреляция палеоклиматических событий. Даны результаты мультидисциплинарных исследований разрезов четвертичных отложений и широкий спектр региональных палеогеографических реконструкций изменений на протяжении плейстоцена и голоцена различных компонентов природной среды (рельефа и комплексов четвертичных пород, морских, озерных и речных бассейнов, лёссово-почвенного покрова и криогенных образований, климата, наземной и водной флоры, растительности и животного мира) в континентальных и морских областях Северной Евразии. Приведены реконструкции особенностей развития растительности и климата ряда горных и равнинных районов Сибири и Русской равнины в эпохи обитания древнего человека.

Книга адресована исследователям эволюции природной среды в плейстоцене и голоцене, а также учащимся ВУЗов.

Проведение конференции и публикация сборника научных статей с материалами докладов Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ № 20-05-20003)

Рецензенты:

профессор, доктор географических наук А. В. Бредихин
профессор, доктор географических наук В. В. Рогов

Actual problems of Pleistocene-Holocene palaeogeography: Proceedings of “The Markov Readings in 2020 year” All-Russian Conference / Responsible Editors N. S. Bolikhovskaya, T. S. Klyuvitkina, T. A. Yanina. – Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University, 2020. – 496 pp.

ISBN 978-5-906731-76-0

© Географический факультет МГУ, 2020

© Коллектив авторов, 2020

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИСТОРИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЦЕНТРЕ И НА СЕВЕРЕ СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Новенко Е.Ю.^{1,2}, Куприянов Д.А.¹, Мазей Н.Г.¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, dmitriyukupriyanov1994@yandex.ru, natashamazei@mail.ru; ²Институт географии РАН, Москва, lenanov@mail.ru

Периодичность лесных пожаров, определяемая различными факторами, оказывает существенное влияние как на природную среду, так и на хозяйственную деятельность человека. Среднесибирское плоскогорье (в том числе плато Путорана) один и наименее изученных регионов России. Палеоэкологические исследования, в том числе исследования истории лесных пожаров в голоцене, в большинстве районов Средней Сибири не проводились. При этом изучаемая территория характеризуется высокой пожарной опасностью, что показали лесные пожары 2019 г.

Детальные реконструкции ландшафтно-климатических изменений и истории лесных пожаров двух ключевых участков, относящихся к центральной и северной частям Среднесибирского плоскогорья, были выполнены на основе палеоантракологического, спорово-пыльцевого и ботанического анализов торфяных залежей болот. Возраст отложений определен при помощи радиоуглеродного датирования.

Район исследований расположен в области континентального субарктического климата и относится к району распространения многолетнемерзлых пород. Природная зона – северная тайга с элементами высотной поясности. Отбор образцов торфа проводился в центральных частях болотных комплексов в местах с наибольшей мощностью торфяной залежи с помощью торфяного бура Eijkelkamp в ходе полевых работ летом 2019 г. Первый ключевой участок расположен в западной части плато Путорана (район озера Лама, бассейн р. Пяпина). В растительном покрове доминируют лиственничные леса, с высотой сменяющиеся редколесьями и тундрами. Отбор образцов осуществлялся из торфяных отложений болота Герви (69°28'16.5" с.ш., 91°26'31.5" в.д.), расположенного на низкой озёрной террасе озера Лама. Максимальная мощность торфяной залежи составляет 50 см. Второй ключевой участок находится в центральной части Среднесибирского плоскогорья в районе посёлка Тура (среднее течение р. Нижняя Тунгуска). В растительном покрове территории преобладают лиственничные лесов с участием тундровых сообществ на вершинах междуречий. Изученное болото находится на надпойменной террасе р. Кочечум приблизительно в 3 км от впадения в р. Нижняя Тунгуска (64°09'56.1" с.ш., 100°31'43.9" в.д.). Мощность торфяной колонки составляет 64 см.

Радиоуглеродное датирование образцов проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США). Обработка проб для анализа ботанического состава торфа выполнена согласно методике, разработанной Тюремновым [1959]. Степень разложения торфа определялась микроскопическим методом. Потери при прокаливании определялись путем озоления при температуре 550°C. Образцы для спорово-пыльцевого анализа были подготовлены по стандартной методике [Moore et al., 1991]. При анализе помимо пыльцы и спор было проведено определение непыльцевых палиноморф и микрочастиц угля. За 100% принята сумма пыльцы древесных пород (AP) и травянистых растений (NAP). Интервал отбора образцов составлял 3 см.

Реконструкция частоты лесных пожаров проведена на основе анализа содержания макроскопических (размер >125 µm) частиц угля в торфе, позволяющего выявить региональные и локальные закономерности в историю лесных пожаров [Conedera et al., 2009]. Для выделения частиц угля из торфа использовалась стандартная методика [Mooney, Tinner, 2011]. Подготовка проб включала отбеливание образца сырого торфа установленного объема (1 см³) в 10%-м водном растворе NaOCl объемом 100 мл в течение не менее 24 часов при комнатной температуре, промывание дистиллированной водой через сито с диаметром ячеек 125 µm и затем подсчет всех выделенных частиц угля под стереоскопическим микроскопом при 40-кратном увеличении. Отбор образцов осуществлялся непрерывно с шагом 1 см.

Для выявления регионального сигнала динамики лесных пожаров, определяемых фоновыми скоростями накопления частиц угля в торфе, а также выявления локальных пожарных эпизодов (пожаров или серий пожаров, происшедших на самом болоте и/или расстоянии до 1 км от него) использовался программный пакет CharAnalysis [Higuera, 2009]. Программа позволяет произвести расчёт скоростей накопления частиц угля (CHAR-индекс), а также определить фоновые и пороговые значения CHAR для отделения локального и регионального сигналов динамики лесных пожаров. Хронологическая основой реконструкций выступает модель вертикальной скорости роста торфяной залежи, построенная по трём AMS-датировкам для каждой из торфяных залежей (табл. 1). 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.

Табл. 1. Результаты радиоуглеродного датирования торфяных отложений болот Герви и Тура.

Лабораторный номер образца IGAN _{AMS}	Болото и глубина отбора образца, см	Материал для датирования	Радиоуглеродный возраст ¹⁴ 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)

Результаты спорово-пыльцевого (рис. 1) и ботанического анализов торфа болота Герви позволяют выделить три стадии изменений растительного покрова на западной части плато Пудорана на локальном и региональном уровнях и сопоставить их с климатическими изменениями позднего голоцена. Согласно полученным данным, в период 1270–980 кал. л.н. (календарных лет назад) на месте современного болота существовал заболоченный лиственничник с примесью сосны, ели и березы. В настоящее время *Picea obovata* спорадически встречается на плато Пудорана, и изучаемая территория находится севернее границы ее ареала [Ареалы деревьев и кустарников..., 1977]. Значительное количество пыльцы ели (15–20%), обилие ее устьиц в пыльцевых препаратах и коры в макроостатках свидетельствует о продвижении области ее распространения к северу, очевидно, в результате потепления климата Средневекового климатического оптимума. Результаты палеоантракологического анализа (рис. 2) показали, что скорости накопления частиц угля в этот период были относительно велики и достигали значений 17 частиц на см² в год. Выделено 6 локальных пожарных эпизодов, что приблизительно соответствует одному пожару в 50 лет. Высокое содержание микрочастиц угля в пыльцевых препаратах, присутствие пыльцы Onagraceae и спор грибов *Gelasinospora* также являются индикаторами высокой пожарной активности в этот период.

В течение второго периода (~950–50 кал. л.н.) ключевой участок представлял собой эвтрофное болото с преобладанием зеленых мхов и осок. Участие пыльцы деревьев (*Larix*, *Picea*, *Pinus*) и их макроостатков резко сократилось, в то же время как доля пыльцы *Betula* sect. *Nanae*

и *Duschekia fruticosa* и спор *Selaginella selaginoides* заметно возросла. Климат, очевидно, стал более холодным и влажным, что связано с наступлением Малого ледникового периода. Территория, окружающая болото, была занята комплексных растительным покровом, включающим разреженные лиственничники и безлесные участки.

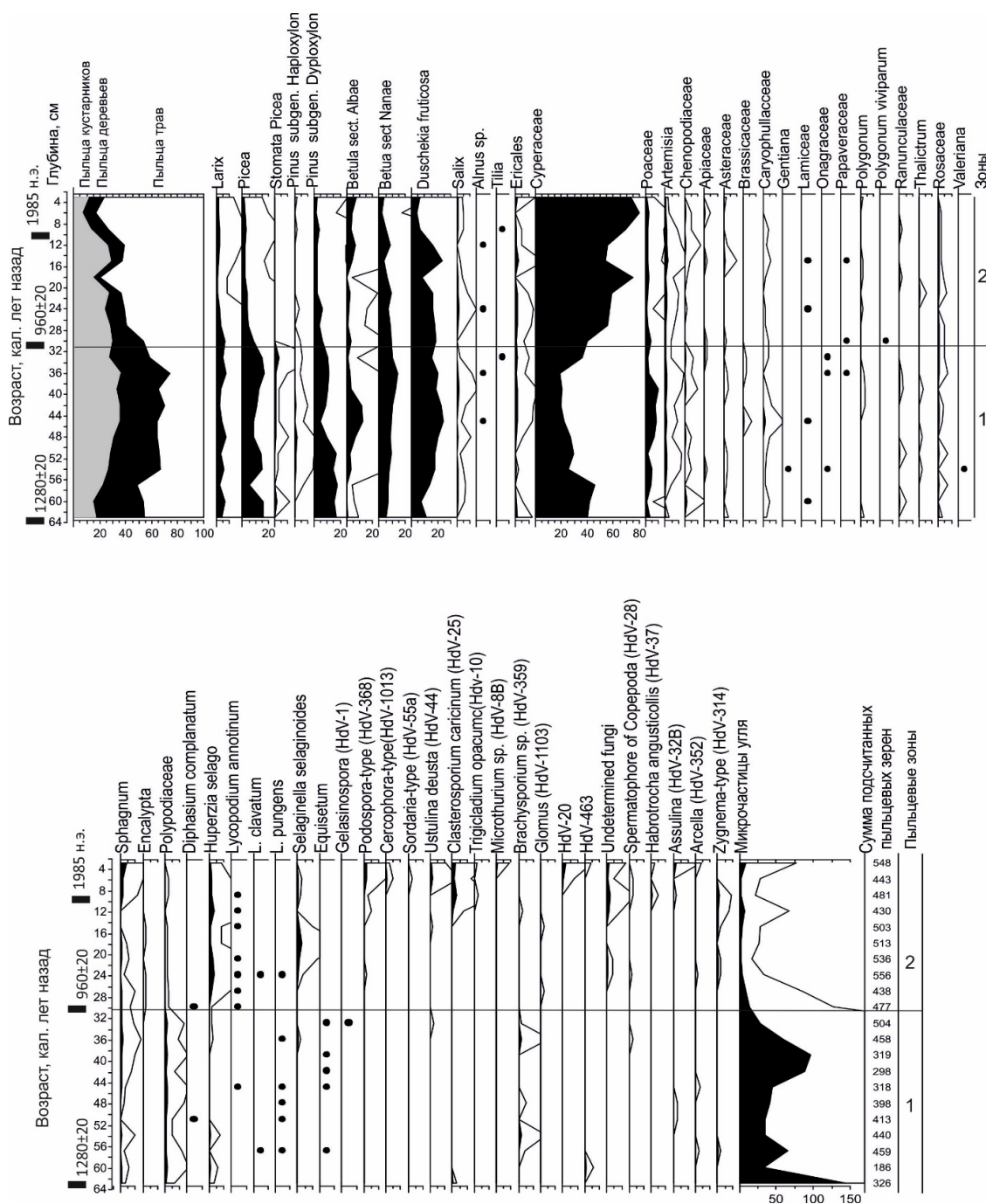


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма и результат анализа непальцевых палиноморф отложений болота Герви.

Похолодание климата привело к сокращению числа пожаров. Скорость аккумуляции макроскопических частиц угля в торфе понижается и составляет не более 3 частиц на $см^2$ в год. Для всего временного интервала выделено 2 локальных пирогенных эпизода. Возможно, это были незначительные пожары. В течение последних 50 лет в экосистеме болота Герви произошли существенные изменения, увеличилось обилие сфагновых мхов и болото перешло в мезотрофную стадию. Этот этап характеризуется существенным увеличением скоростей аккумуляции частиц угля (до 70 частиц на $см^2$ в год), что, вероятно, обусловлено как современными

климатическими изменениями, так и влиянием антропогенного фактора, связанного с рекреационным освоением изучаемой территории в последние десятилетия.

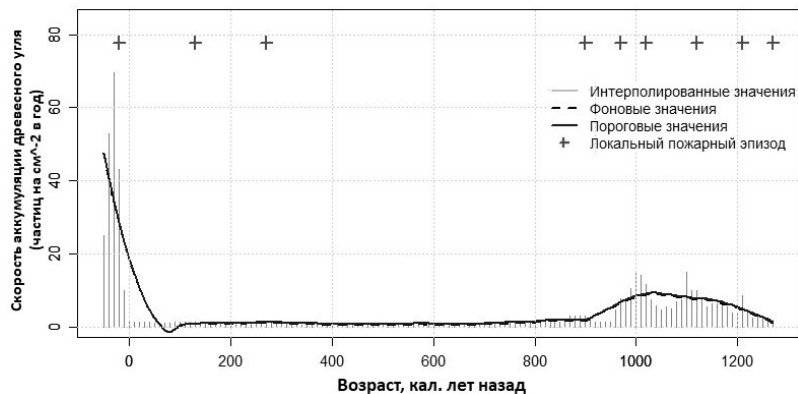


Рис. 2. Скорость аккумуляции частиц угля (CHAR-индекс), фоновые и пороговые значения CHAR и локальные пожарные эпизоды по данным изучения содержания макроскопических частиц угля в торфяной залежи болота Герви (плато Путорана).

Как показали результаты исследования, в разрезе болота Тура только его верхняя часть, сформировавшаяся в течение последних 300 лет, представляет собой торф, ниже которого залегают оторфованный суглинок. К сожалению, большая часть разреза не содержит пыльцы и спор. Анализ макроостатков показал, что в период 3600–300 кал. л.н. здесь существовал заболоченный лиственный лес, выявлено большое количество древесины и коры *Larix*, *Betula* и *Salix* и остатков различных видов осок (рис. 3). По данным изучения концентрации макрочастиц угля в торфе выделено 3 периода разной частоты лесных пожаров (рис. 4). На первом этапе (3600–2700 кал. л.н.) скорости аккумуляции древесного угля изменялись в диапазоне от 8 до 12 частиц на см² в год с максимумом, приходящимся на дату ~3100 кал. лет назад. Для этой стадии было выделено 6 локальных пожарных эпизодов при частоте лесных пожаров примерно 1 пожар за 150 лет. Вторая стадия (~2700–300 кал. лет назад) характеризуется относительно низкими значениями скоростей аккумуляции частиц угля в торфе (в пределах от 3 до 8 частиц на см² в год).

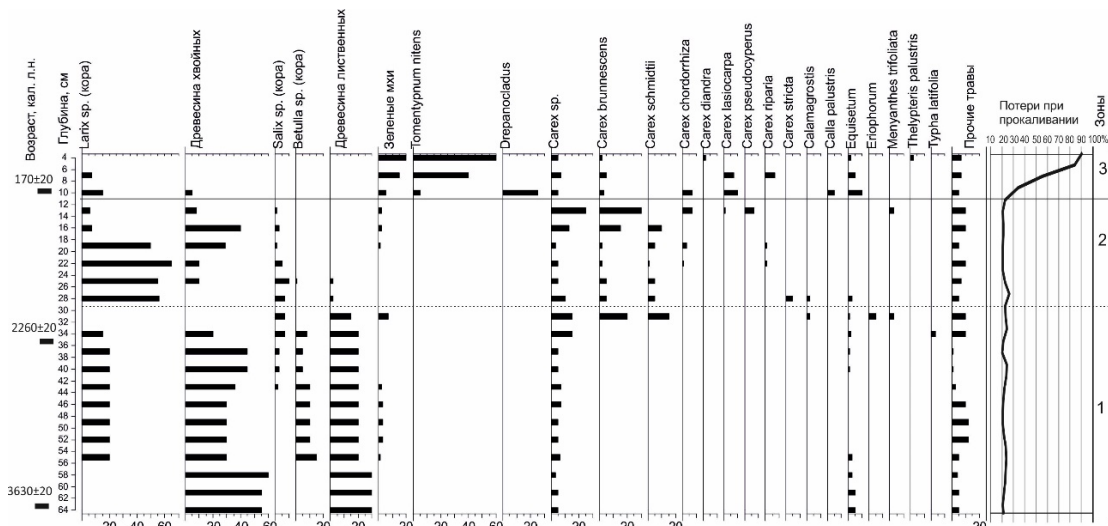


Рис. 3. Диаграмма макроостатков и потери при прокаливании разреза болота Тура.

Для временного интервала ~2700–300 кал. л.н. выделено 12 локальных пожарных эпизодов (примерно 1 пожар в 200 лет). В течение последних 300 лет начинается активное заболачивание ключевого участка. В локальной растительности доминируют зеленые мхи (*Tomentypnum nitens*, 40–60%) и осоки. В спорово-пыльцевых спектрах заметную долю составляет пыльца *Larix* (8.9–19.5%) и *Pinus* subgen. *Diploxylon* (до 30%). Обильны споры *Gelasinospora*, на глубине 11 см их количество составляет 10% от суммы AP+NAP. В этот период резко возрастают

скорости аккумуляции макрочастиц древесного угля до значений ~ 21 (с максимумом ~ 38) частиц на см^2 в год. Предположительно, рост аккумуляции угольных частиц обусловлено хозяйственным освоением территории.

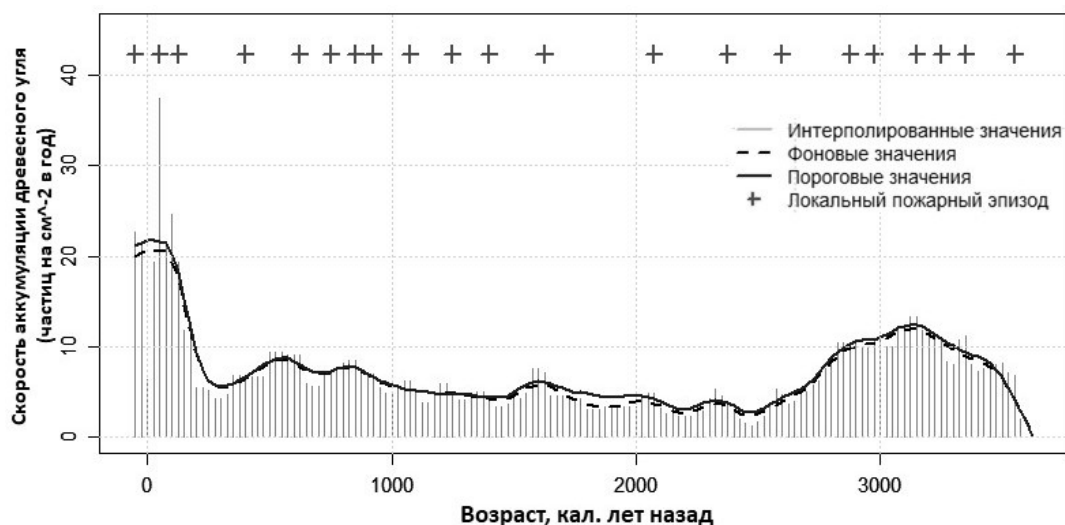


Рис. 4. Скорость аккумуляции частиц угля (CHAR-индекс), фоновые и пороговые значения CHAR и локальные пожарные эпизоды по данным изучения содержания макроскопических частиц угля в торфяной залежи болота Тура (центр. часть Среднесибирского плоскогорья).

Сопоставление палеогеографических реконструкций по двум ключевым участкам для криолитозоны Среднесибирского плоскогорья показали, что на этапах потепления климата — конец суббореального периода голоцена (3600–2700 кал. л.н.) и Средневековый климатический оптимум (1270–980 кал. л.н.) — облесенность территории возрастала, увеличивалось участие бореальных элементов во флоре, а также возрастала частота лесных пожаров. В периоды похолодания и увлажнения климата — начало неогляциала (около 2700 кал. л.н.) и Малого ледникового периода — усиливалась роль представителей тундровых сообществ и значительно снижалась пожарная активность. Заключительные выделенные стадии ландшафтно-климатических изменений (последние ~ 50 лет для западной части плато Путорана и ~ 300 лет для центральной части Среднесибирского плоскогорья в районе среднего течения р. Нижняя Тунгуска) характеризуются активным болотообразованием и резким увеличением скоростей аккумуляции частиц угля. Эти изменения, вероятно, отражают современные процессы динамики климата и усиления антропогенной нагрузки в пределах ключевых участков, что согласуется с историей освоения Среднесибирского плоскогорья.

Исследования изменений растительности и климата выполнены при поддержке проекта РНФ 20-17-00043, реконструкция пожарных режимов проведена при поддержке проекта РФФИ 20-05-00234.

Литература:

- Ареалы деревьев и кустарников СССР. Т. 1. Л.: Наука, 1977. 164 с.
- Тюрменов С.Н. (ред.) Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. 227 с.
- Conedera M., Tinner W., Neff C., Meurer M., Dickens A.F., Krebs P. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation // *Quat. Sci. Rev.* 2009. V. 28(5–6). P. 555–576.
- Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and Analytical Tools for Sediment Charcoal Analysis: User's Guide, Bozeman, MT: Montana State Univ., 2009.
- Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires and Peat.* 2011. V. 7. P. 1–18.
- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. Pollen Analysis. Blackwell, Oxford, 1991. 216 p.