

## Реконструкция динамики лесных пожаров Центральной Мещеры в голоцене (по данным палеоантракологического анализа)

Д. А. КУПРИЯНОВ<sup>1</sup>, Е. Ю. НОВЕНКО<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
119991, Москва, Ленинские горы, 1  
E-mail: dmitriykupriyanov1994@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт географии РАН  
119017, Москва, Старомонетный пер., 29  
E-mail: lenanov@mail.ru

Статья поступила 04.06.2018

После доработки 08.09.2018

Принята к печати 19.09.2018

### АННОТАЦИЯ

Представлена реконструкция динамики лесных пожаров и их влияния на растительный покров центральной части Мещерской низменности в голоцене, выполненная по результатам изучения свойств торфяной залежи болота Студенческое: концентрации макроскопических частиц угля, спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования. Согласно полученным данным, в период высокой интенсивности лесных пожаров ~9200 – 6400 календарных лет назад (кал. л. н.) на изучаемой территории преобладали березово-сосновые леса. В условиях снижения частоты лесных пожаров (~6400 – 1400 кал. л. н.) увеличилось участие ели и широколиственных пород в лесных сообществах. С началом активной хозяйственной деятельности человека около 1400 кал. л. н. воздействие лесных пожаров на растительный покров снова возросло. Показано, что периоды увеличения интенсивности лесных пожаров имели место и до начала хозяйственного освоения территории Центральной Мещеры и обуславливались климатическими причинами.

**Ключевые слова:** лесные пожары, палеоэкология, анализ макрочастиц угля в торфе, спорово-пыльцевой анализ, голоцен, Мещера.

Лесные пожары – один из важнейших факторов, определяющих структуру и историю развития растительного покрова и оказывающих заметное влияние на хозяйственную деятельность и жизнь человека [Санников, 1981; Фуряев, 1996; Power et al., 2008]. Ретроспективный анализ динамики лесных пожаров позволяет сформулировать региональные прогнозные сценарии реакции компонентов окружающей среды на антропогенные воздействия

и современные изменения климата, а также разработать меры по их защите и восстановлению, что является актуальной темой современных научных исследований [Conedera et al., 2009; Whitlock et al., 2010].

Для реконструкции изменения пожарных режимов в голоцене важно учитывать, что частота пожаров в лесных экосистемах обусловлена как природными факторами (климатическими условиями, рельефом, структурой

растительного покрова), так и антропогенным воздействием [Валендик и др., 1979; Софронов, Вакуров, 1981; Whitlock et al., 2010]. Установлено, что на территории европейской тайги крупные лесные пожары возникали еще до начала хозяйственного освоения региона [Pitänen et al., 2001; Gromtsev, 2002; Громцев, 2008]. При этом в исследованиях, посвященных лесным пожарам на глобальном и региональном уровнях, показано, что в голоцене количество пожаров, не приуроченных к антропогенным воздействиям, увеличивается в теплые и сухие периоды и уменьшается – в холодные и влажные [Power et al., 2008; Clear et al., 2014; Drobyshev et al., 2014].

В настоящее время накоплен большой объем научных работ, посвященных реконструкциям периодичности лесных пожаров в России в прошлом на основе многочисленных архивных данных и дендрохронологических исследований территории Сибири и Дальнего Востока [Валендик, Иванова, 2001; Воронин, Шубкин, 2007; Иванова, 2015], Северного Урала [Алейников и др., 2015] и Фенноскандии [Drobyshev et al., 2017]. Для Карелии [Громцев, 2008, 2009] и Дальнего Востока [Базарова и др., 2017] подобные реконструкции выполнены также по данным анализа содержания частиц угля в торфе.

Исследования пожарных режимов прошлого для центральной части Восточно-Европейской равнины проводились только в Мещерской низменности, которая согласно пирологическому районированию относится к территориям с повышенной частотой лесных пожаров [Софронов, Волокитина, 1990]. В том числе для данной территории выполнены реконструкции изменения частоты пожаров в среднем и позднем голоцене [Novenko et al., 2016; Дьяконов и др., 2017], основанные на методике визуального анализа прослоев древесного угля в торфяной залежи или же на основе анализа содержания микроскопических частиц угля с линейными размерами менее 100 мкм. Данные методы не позволяют в полной мере выявить динамику лесных пожаров на ландшафтном уровне. Метод подсчета угольных прослоев подразумевает, что они сформировались в результате значительного воздействия огня непосредственно на поверхность болота и окружающую его территорию и дает относительно грубую оценку перио-

дичности локальных лесных пожаров [Ohlson et al., 2006]. В то же время анализ микроскопических частиц угля, способных за счет меньшего веса перемещаться на большие расстояния (20–100 и более км), позволяет описать только региональную специфику изменения частоты пожаров [Conedera et al., 2009].

Один из надежных методов реконструкции динамики лесных пожаров в прошлом – анализ содержания макроскопических частиц угля (с линейными размерами более 100–150 мкм), содержащихся в торфяных залежах болот [Whitlock, Bartlein, 2003]. Основным источником поступления микро- и макроскопических частиц угля на поверхность болотного массива считаются выпадения из атмосферы в результате конвективных процессов, возникающих благодаря тепловому воздействию пожаров [Clear et al., 2014]. Многочисленные эксперименты показали, что макроскопические частицы угля с линейными размерами более 100–150 мкм индицируют в большей степени локальные лесные пожары, происходившие в радиусе от нескольких сотен метров до 20 километров от места отбора проб [Higuera et al., 2007]. Наибольшую продуктивность частиц древесного угля обеспечивает территории радиусом 2–3 км от болота, что позволяет проводить реконструкции пожарных режимов изучаемой территории на ландшафтном уровне с высокой степенью достоверности. В настоящее время изучению пожарных режимов по данным содержания макроскопических частиц угля в торфе посвящен большой объем региональных исследований [Ohlson et al., 2006; Kasin et al., 2013; Hawthorne, Mitchell, 2016].

Сосновые леса Северной Евразии отличаются наибольшей частотой лесных пожаров [Goldammer, Furyaev, 1996]. Это обстоятельство предопределило выбор Мещеры как модельного региона для изучения влияния различных факторов на интенсивность и частоту лесных пожаров, поскольку территория Мещерской низменности характеризуется песчаными почвами и, вследствие эдафического фактора, преобладанием сосновых лесов в структуре растительных сообществ.

Цель представленной работы – реконструкция частоты лесных пожаров центральной части Мещерской низменности, основанная на изучении содержания макро-

скопических частиц угля в торфе, и сопоставление полученных результатов с данными по истории растительности региона.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследований находится в центральной части Мещерской низменности в Клепиковском р-не Рязанской обл. (рис. 1). Природные условия региона хорошо изучены. Исследования происхождения, строения и функционирования геосистем различного ранга в Мещере имеют более чем полувековую историю и основаны на большом объеме геолого-геоморфологического [Асеев, Введенская, 1962] и физико-географического [Анненская и др., 1983] материала. Кроме того, изучение свойств торфяной залежи болот данного региона легло в основу ряда палеоэкологических реконструкций [Болиховская, 1988; Абрамова, Дьяконов, 1995, Новенко и др., 2016].

Изучаемая территория относится к ландшафтам полесского типа с преобладанием экстра- и интразональных болотно-лесных геосистем [Николаев, 2013]. Район исследований является наиболее пониженным участком Мещерской низменности со средними высотами около 135 м над ур. м. и характеризуется слабоболнистым, практически плоским рельефом. Литогенная основа ландшафтов центральной Мещеры представлена маломощными флювиогляциальными и озерными среднеплейстоценовыми песками, подстилаемыми опесчаненными суглинками [Анненская и др., 1983]. Климат рассматриваемой территории умеренный, умеренно-континентальный. По данным ближайшей к месту исследований метеостанции в г. Черусти, средние температуры января составляют  $-11,0$  °С, июля –  $+18,9$  °С, среднегодовая температура –  $+4,6$  °С со среднегодовым количеством осадков 580 мм в год. Значения коэффициента увлажнения составляют 1,2–1,4, что в условиях плоского рельефа и местных гидрогеологических особенностей определяет высокую степень заболоченности территории [Иванов, 1995]. В растительном покрове преобладают сосновые и сосново-еловые леса на подзолах. Широко распространены почвы болотного ряда и редкостойные сосняки по мезотрофным болотам.

Материалом для реконструкции частоты лесных пожаров послужили результа-

ты изучения и радиоуглеродного датирования торфяной залежи болота Студенческое ( $55^{\circ}15'58$  с. ш.;  $40^{\circ}12'03$  в. д.), которое является типичным для центральной части Мещерской низменности и представляет собой мезотрофное пушицево-осоковое сфагновое болото под сосновым редколесьем. В плане оно имеет почти правильную круглую форму диаметром около 600 м. Площадь болотного массива составляет 27,4 га. Болото расположено в пределах плоской озерно-водноледниковой равнины. Растительный покров окружающей его территории представлен елово-сосновым зеленомошным лесом. Максимальная мощность торфяной залежи составляет 224 см. Подстилающие породы представлены флювиогляциальными песками. Отбор торфяных колонок осуществляли в ходе полевых работ летом 2013 г. в центральной части болотного массива торфяным буром Сукачева производства фирмы “Eijkelkamp” с диаметром пробоотборника 5 см и длиной 50 см.

Для изучаемого разреза получили восемь радиоуглеродных датировок, выполненных в ЦКП “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” Института географии РАН (см. таблицу). Калибровку полученных дат осуществляли в программе Calib 7.1 с использованием калибровочной кривой IntCal13 [Reimer et al., 2013]. На основе полученных датировок построена модель скорости вертикального прироста торфяной залежи (рис. 2) при помощи программы Clam 2.2 [Blaauw, 2010].

Подсчет макроскопических частиц угля в торфе осуществляли по стандартной методике [Mooney, Tinner, 2011]. Процесс анализа предполагал отбор образца сырого торфа объемом  $1 \text{ см}^3$  каждые 2 см торфяной колонки и последующее отбеливание образца в 10%-м водном растворе NaOCl объемом 100 мл в течение не менее 24 ч при комнатной температуре. В результате органический материал, не подвергавшийся сильному термическому воздействию, обесцветился, но частицы древесного угля сохранили темный цвет. Затем образец промывали дистиллированной водой через сито с диаметром ячеек 125 мкм и помещали в чашку Петри. Макрочастицы угля подсчитывали под стереоскопическим микроскопом модели MOTIC SMZ-171 при 40-кратном увеличении.

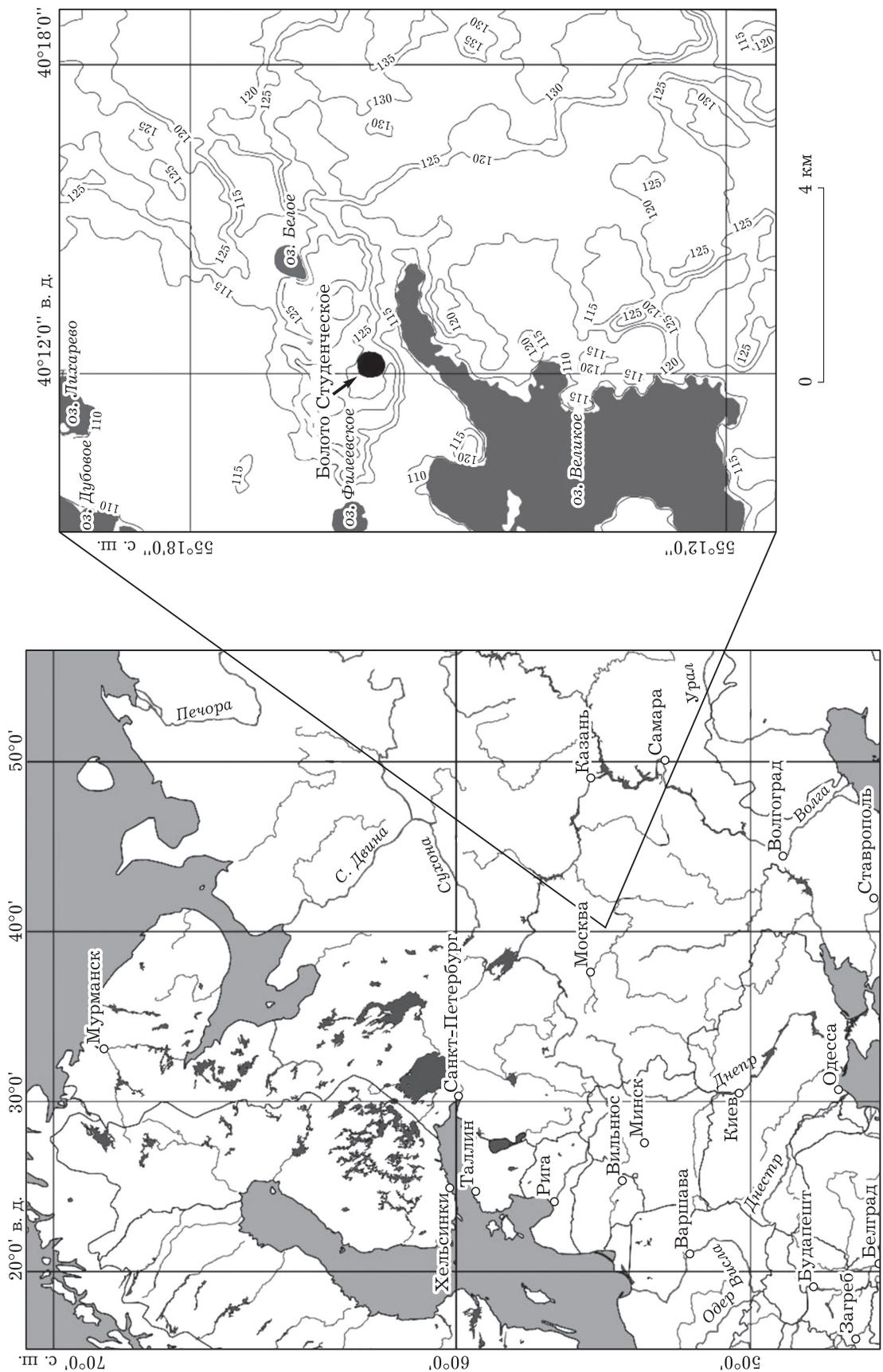


Рис. 1. Географическое положение района исследований

Результаты радиоуглеродного датирования торфяных отложений болота Студенческое

| Лабораторный номер образца | Глубина отбора образца, см | Возраст, $^{14}\text{C}$ лет назад | Возраст, кал. л. н. ( $1\sigma$ ) |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| ИГ РАН 4483                | 14 – 19                    | $100 \pm 50$                       | $80 \pm 70$                       |
| ИГ РАН 4484                | 45 – 50                    | $1780 \pm 60$                      | $1690 \pm 130$                    |
| ИГ РАН 4485                | 75 – 80                    | $3600 \pm 70$                      | $3900 \pm 190$                    |
| ИГ РАН 4486                | 95 – 100                   | $6860 \pm 70$                      | $6650 \pm 150$                    |
| ИГ РАН 4487                | 125 – 130                  | $7046 \pm 90$                      | $7850 \pm 160$                    |
| ИГ РАН 4488                | 170 – 175                  | $8070 \pm 90$                      | $8920 \pm 230$                    |
| ИГ РАН 4489                | 195 – 200                  | $8100 \pm 90$                      | $9000 \pm 295$                    |
| ИГ РАН 4490                | 217 – 223                  | $8190 \pm 90$                      | $9210 \pm 230$                    |

Статистическую обработку полученных данных концентрации макроскопических частиц угля в торфе (рис. 3) осуществляли в программе CharAnalysis, адаптированной для среды программирования R [Higuera, 2009]. Программа позволяет из полученных значений концентрации угля в торфяной колонке рассчитать скорость аккумуляции частиц угля, а также подобрать необходимые статистические параметры, позволяющие достоверно выделить фоновые значения скорости накопления частиц древесного угля и локальные пожарные события. Особенность программы CharAnalysis заключается в способности отделить локальные пожарные события, случившиеся непосредственно на болотном комплексе и на прилегающей территории радиусом 0,5–1 км, от регионального сигнала – пожаров, происходивших в радиусе до 20 км и более, а также различного рода “шумов”. Статистическую интерпретацию данных проводили в несколько этапов.

1. На основе полученных значений концентрации рассчитывали скорость аккумуляции макроскопических частиц. Предварительно значения концентрации, глубины отбора образцов, а также их возраста интерполировали для приведения к единому временному разрешению в 49 лет – медианному временному разрешению отобранных образцов, рассчитанному на основе модели вертикального прироста торфяной толщи.

2. Для сглаживания краткосрочных колебаний и последующего разделения локального и регионального сигналов осуществляли расчет фоновых значений скорости накопления угля, под которыми понимали низкочастотные колебания скорости аккумуляции угля, отражающие в большей степени региональный

сигнал пожарной динамики, а также ряд параметров: возможные погрешности пробоподготовки и анализа, фактор разложения обгоревших остатков внутри торфяной колонки и переотложения ранее выпавшего угля. Примерами переотложений могут служить перемещения частиц благодаря поверхностному стоку с окружающей котловину болота территории или неоднородности накопления угля на поверхности торфяника, обусловленные неровностями микрорельефа или особенностями растительного покрова. Фоновые значения определяли статистическими функциями, осуществляющими аппроксимацию кривых, построенных на основе набора изначально зашумленных исходных данных. Для выделения фоновых значений выбирали функцию, мак-

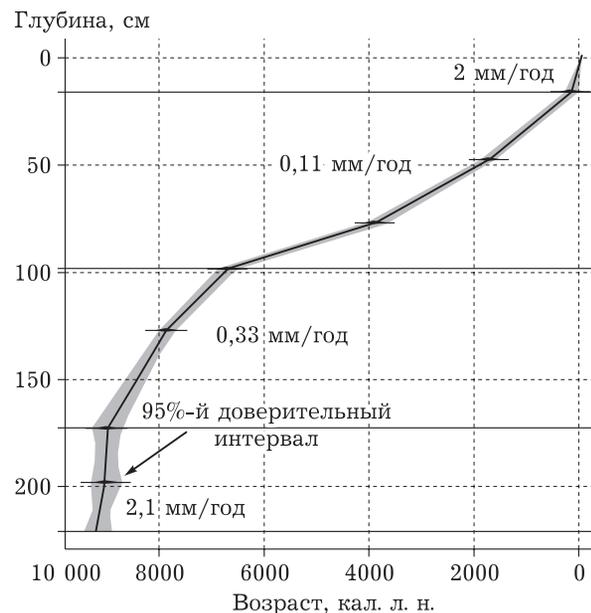


Рис. 2. Модель скорости вертикального прироста торфяной залежи болота Студенческое

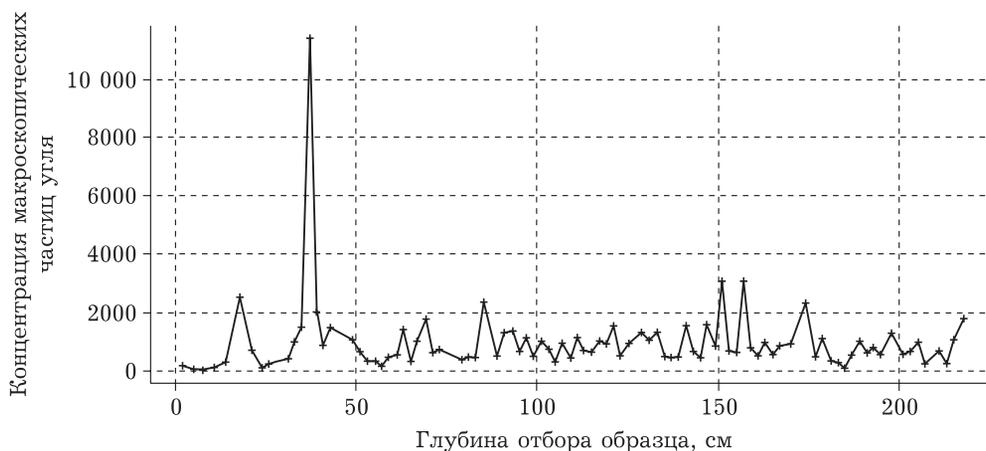


Рис. 3. График распределения концентрации макроскопических частиц (линейные размеры >125 мкм) в торфяной колонке болота Студенческое

симально полно описывающую распределение скорости аккумуляции угля. Наиболее точно описала кривую функция локально-линейной регрессии (LOESS) со сглаживающим интервалом в 800 лет.

3. Для выделения локальных пирогенных событий рассчитывали пороговое значение, предполагающее, что “шумы” распределены согласно гауссовой модели рассеивания примесей внутри установленного пользователем временного окна. Для унификации статистических функций использовали разрешение окна, равное 800 годам. Для оценки статистической достоверности для каждого временного окна применяли индекс отношения сигнала к шуму (Signal-to-Noise Index, SNI). Значения  $SNI > \sim 0,5$  считаются достаточными, а  $SNI > 3$  — максимально достоверными для статистически обоснованного выделения локального пожара. В исследуемом случае диапазон значений SNI составляет от 1,66 до 5,6, что удовлетворяет статистическим требованиям анализа. В качестве порога установлен 95-й процентиль распределения шумов. Если определяемые значения скорости накопления угля оказывались выше, чем этот порог, то это классифицировали как достоверное пожарное событие локального уровня.

Для определения влияния лесных пожаров на структуру растительного покрова изучаемой территории в прошлом использовали опубликованные результаты спорово-пыльцевого анализа. Палинологический анализ торфяной залежи изучаемого болота выполнен Т. А. Абрамовой в 90-х гг. прошлого века. Эти данные деталь-

но опубликованы [Абрамова, Дьяконов, 1995], подсчеты пыльцы и спор доступны в архиве кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно результатам радиоуглеродного датирования, процесс развития торфяной залежи в котловине, занятой современным болотом, начался ~9200 кал. л. н. В соответствии с расчетами модели скорости роста отложений (см. рис. 3) для ранней стадии развития болота (~9200–8900 кал. л. н.) рассчитана относительно высокая скорость вертикального прироста торфяной залежи (~2,1 мм/год). Затем она начинает последовательно снижаться: для периода ~8900 – 6600 кал. л. н. средняя скорость характеризуется значениями около 0,33 мм/год, а для периода ~6600 – 80 кал. л. н. — ~0,11 мм/год. Однако в последние ~80 лет произошла активизация скорости вертикального накопления торфа, которая возросла до значений ~2 мм/год.

График скорости аккумуляции макроскопических частиц угля и распределения локальных пирогенных событий (рис. 4) показывает наличие в общей сложности 18 пожаров на локальном уровне. Скорости накопления частиц угля и локальные пожарные события распределены неравномерно. Для периода ~9200 – 6400 кал. л. н. характерна высокая скорость аккумуляции угольных частиц в диапазоне от ~20 до 110 частиц на см<sup>2</sup>/год с отдельным единичным пиком ~310 частиц

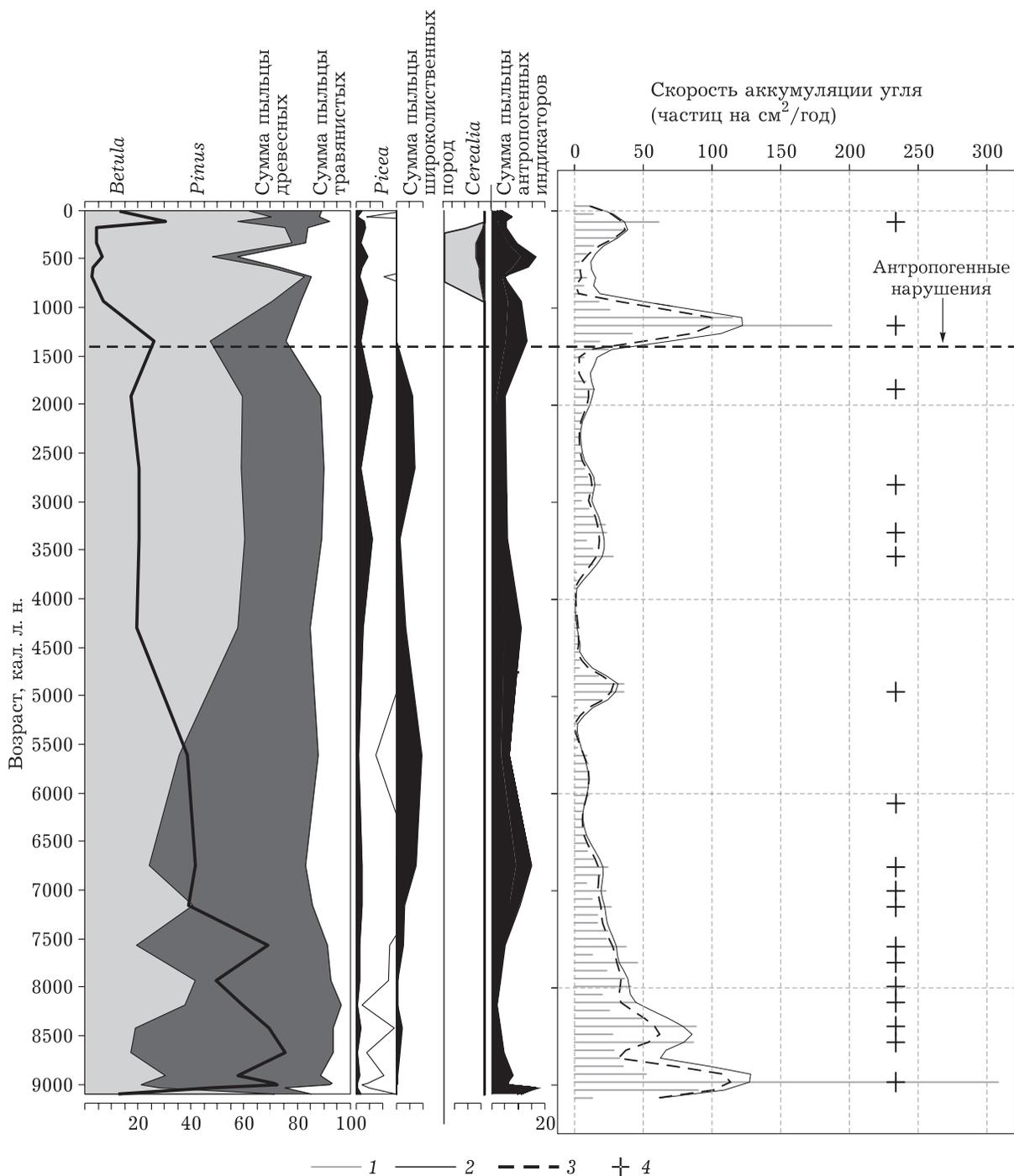


Рис. 4. Сравнение результатов спорово-пыльцевого анализа и изучения содержания макроскопических углей в торфяной залежи болота Студенческое. 1 – интерполированные значения скорости аккумуляции частиц угля; 2 – пороговые значения; 3 – фоновые значения; 4 – локальные пожарные события

на см<sup>2</sup>/год ~9000 кал. л. н. Однако в течение данного временного отрезка прослеживается тенденция к последовательному уменьшению скоростей накопления макроскопических частиц угля, достигая в конце временного интервала значений ~10 частиц на см<sup>2</sup>/год.

Описанный период также характеризуется максимальным количеством выделенных локальных пирогенных событий – 10 пожаров.

Период ~6400 – 3900 кал. л. н. характеризуется минимальными значениями скорости накопления угольных частиц (<10 частиц

на см<sup>2</sup>/год). Для данного интервала выделено всего два пожара на локальном уровне, которым соответствует один слабо выраженный пик скорости накопления углей ~6050 – 5600 кал. л. н. и один отчетливый пик в интервале ~5100 – 4800 кал. л. н. Значения скорости аккумуляции в первом случае достигают ~10–15 частиц на см<sup>2</sup>/год, во втором – ~40 частиц на см<sup>2</sup>/год. Основываясь на методологии расчетов программы CharAnalysis, можно предположить, что увеличение количества угольных частиц в представленных интервалах соответствует единичным лесным пожарам, затронувшим изучаемое болото, но особенности осадконакопления и свойства торфяной залежи перераспределили частицы угля внутри торфяной колонки в виде слоя мощностью 8 см.

Временной интервал от ~3900 до ~1400 кал. л. н. характеризуется слабыми амплитудами значений скоростей накопления угольных частиц (~10–30 частиц на см<sup>2</sup>/год). Выделено четыре локальных пожара, причем три из них сосредоточены в интервале от ~3900 до ~2800 кал. л. н.

Последний период (~1400 кал. л. н. – настоящее время) представлен двумя значительными пиками резкого увеличения скорости накопления макроскопического угля в торфяных горизонтах. Первый пик соответствует периоду ~1400 – 1000 кал. л. н. и достигает значений ~130 частиц на см<sup>2</sup>/год с единичным мощным выбросом до 190 частиц на см<sup>2</sup>/год. Второй – пик датируется ~500 – 200 кал. л. н. Каждому пику соответствует одно локальное пирогенное событие. В промежутке между пиками (~900 – 350 кал. л. н.) скорости накопления частиц угля имеют значения, близкие к значениям предыдущего периода, – ~10 частиц на см<sup>2</sup>/год.

Согласно данным палинологического анализа (см. рис. 4), в период ~9200 – 7400 кал. л. н. на рассматриваемой территории были распространены березово-сосновые леса. Содержание пыльца ели и широколиственных пород (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmis*, *Fraxinus*) в спорово-пыльцевых спектрах невелико. В период с ~7400 по ~1400 кал. л. н. в составе древостоев начинает увеличиваться доля пыльцы сосны, ели и широколиственных пород при одновременном снижении содержания пыльцы березы. После ~1400 кал. л. н. из спорово-пыльцевых спектров практически полностью исчезает пыльца широколиственных пород. В то же

время увеличивается содержание пыльцы сосны, растений-индикаторов нарушенных грунтов, а также появляется пыльца культурных злаков. Указанные признаки свидетельствуют о существенной трансформации растительного покрова под влиянием хозяйственной деятельности человека после ~1400 кал. л. н.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение результатов палинологического и палеоантракологического анализов показывает наличие связи между изменениями структуры растительного покрова и частотой пожаров на изучаемой территории. Высокие значения скорости аккумуляции макроскопических частиц угля и обилие локальных пожаров в период ~9200 – 6400 кал. л. н. соответствуют высокому содержанию пыльцы березы в спорово-пыльцевых спектрах при одновременном невысоком содержании пыльцы широколиственных пород. Данный временной интервал совпадает с атлантическим периодом голоцена, который для центральных районов Восточно-Европейской равнины характеризовался максимальной теплообеспеченностью и повсеместным распространением широколиственных лесов. На спорово-пыльцевых диаграммах выделяется отчетливый максимум пыльцы дуба, липы и вяза [Хотинский, 1977; Новенко, 2016]. Вероятно, низкое участие широколиственных пород в растительном покрове связано не только с эдафическими условиями центральной части Мещерской низменности, но и с высокой частотой лесных пожаров при климатических условиях более теплых и, возможно, сухих, чем в настоящее время [Новенко, 2016]. В результате высокой периодичности лесных пожаров формировались березово-сосновые леса, типичные для постпирогенных сукцессий влажных боров [Фуряев, 1996]. В периоды с низкими скоростями накопления угольных частиц и редкими пожарами на территории, непосредственно окружающей изучаемое болото (~6400 – 1500 кал. л. н.), отмечено увеличение доли пыльцы ели и широколиственных пород в спектрах, и в то же время зафиксировано некоторое снижение роли пыльцы березы. Важно принять во внимание, что увеличение доли широколиственных пород в древостоях реконструировано для Мещерской низменности начиная с ~6500 кал. л. н. и совпадает со време-

нем увлажнения климата во вторую половину голоцена [Новенко и др., 2016]. Верхний максимум ели, характерный для спорово-пыльцевых диаграмм Восточно-Европейской равнины [Хотинский, 1977], в Мещерской низменности не выражен, однако рост содержания пыльцы ели в спектрах отмечен в суббореальном периоде голоцена, начиная с ~3500 кал. л. н. [Novenko et al., 2016; Дьяконов и др., 2017]. Исследования истории развития таежных лесов в Финляндии и Карелии [Pitänen et al., 2001; Громцев, 2008; Kasin et al., 2013; Drobyshev et al., 2017] подтверждают, что уменьшение числа лесных пожаров способствовало увеличению участия ели в древостоях в позднем голоцене.

Появление в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы культурных злаков и растений-индикаторов антропогенного воздействия позволяет выявить дату приблизительного начала хозяйственного освоения изучаемой территории – ~1400 кал. л. н. Значительное увеличение скорости накопления частиц угля указывает на сильное антропогенное воздействие на экосистемы, вероятнее всего, за счет использования практики подсечно-огневого земледелия. Выявленная по результатам спорово-пыльцевого анализа дата начала антропогенных преобразований растительных сообществ и влияния человека на пожарный режим изучаемой территории, а также максимумы скоростей аккумуляции частиц угля подтверждаются данными археологических исследований. Вблизи изучаемого болотного комплекса на расстоянии менее двух километров выявлено городище, датированное первым тысячелетием н. э., а также крупное селище 14–17 вв. [Археологическая карта..., 1993]. Археологическим датировкам городища соответствует период увеличения скоростей накопления угольных частиц ~1400 – 900 кал. л. н., а на время функционирования селища приходится период увеличения аккумуляции макроуглей ~500 – 200 кал. л. н. Тем не менее для периода ~1400 – 900 кал. л. н. выявлены только два случая локальных пожарных событий, вероятно, затронувших непосредственно изучаемое болото. Несмотря на сильный антропогенный пресс единичное количество лесных пожаров на болотном комплексе и на непосредственно прилегающей к нему территории может объясняться резким подъемом уровня

грунтовых вод в субатлантическом периоде голоцена после ~2000 кал. л. н. [Абрамова, Дьяконов, 1995]. Обводнение болот способствовало снижению количества торфяных пожаров.

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы. Лесные пожары оказывали значительное влияние на историю растительного покрова в течение последних 9000 лет. Для временного интервала ~9200 – 6400 кал. л. н. (атлантический период голоцена, термический максимум) реконструированы высокие скорости накопления угольных частиц и высокая частота лесных пожаров на локальном уровне (10 пирогенных событий), что определило господство постпирогенных сосново-березовых лесов с минимальным участием широколиственных пород (дуба, вяза и липы). В интервале ~6400 – 1400 кал. л. н. (суббореальный и субатлантический периоды голоцена), когда влияние пожаров ослабевало, эти породы играли более заметную роль в составе древостоев. С началом активной хозяйственной деятельности человека воздействие лесных пожаров на экосистемы снова возрастает. Таким образом, выполненная реконструкция показала, что периоды увеличения интенсивности лесных пожаров имели место и до начала активного хозяйственного освоения территории Центральной Мещеры и обуславливались климатическими причинами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 16-17-10045.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Т. А., Дьяконов К. Н. Специфика голоценовых смен ландшафтов Мещеры // Палинология в России. Вып. 2. Статьи российских палинологов к IX Международному палинологическому конгрессу, 1995. С. 5–11.
- Алейников А. А., Тюрин А. В., Симакин Л. В., Ефименко А. С., Лазников А. А. История пожаров в темнохвойных лесах Печоро-Ильгского заповедника со второй половины XIX века по настоящее время // Сиб. лесной журн. 2015. № 6. С. 31–42.
- Анненская Г. Н., Мамай И. И., Цесельчук Ю. Н. Ландшафты Рязанской Мещеры и возможности их освоения. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 246 с.
- Археологическая карта России: Рязанская область / под ред. Ю. А. Краснова. М.: Ин-т археологии РАН, 1993. Ч. 1. 260 с.
- Асеев А. А., Веденская Н. Э. Развитие рельефа Мещерской низменности. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 128 с.

- Базарова В. Б., Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Копотева Т. А., Мохова Л. М., Паничев А. М., Климин М. А. Пирогенные события на юге Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // Геогр. и природ. ресурсы. 2017. № 4. С. 122–132.
- Болиховская Н. С. К истории растительности и климата Подмосковной Мещеры в голоцене // Палеоклиматы голоцена европейской территории СССР. М.: Наука, 1988. С. 76–85.
- Валендик Э. Н., Иванова Г. А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока // Лесоведение. 2001. № 4. С. 69–76.
- Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары. М.: Наука, 1979. 198 с.
- Воронин В. И., Шубкин Р. Г. Анализ многовековой хронологии лесных пожаров и вероятностный прогноз их возникновения в байкальском регионе // Пожарная безопасность. 2007. № 3. С. 64–70.
- Громцев А. Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 238 с.
- Громцев А. Н. Леса заповедника “Костомукшский”: структура, динамика, ландшафтные особенности // Тр. Карел. НЦ РАН. 2009. № 2. С. 71–78.
- Дьяконов К. Н., Новенко Е. Ю., Мироненко И. В., Куприянов Д. А., Бобровский М. В. Роль пожаров в динамике ландшафтов юго-восточной Мещеры в голоцене // Докл. АН. 2017. Т. 477, № 2. С. 233–239 [Dyakonov K., Novenko E., Mironenko I., Kupriyanov D., Bobrovsky M. The role of fires in the Holocene landscape dynamics of the southeastern part of Meshchera Lowlands // Dokl. Earth Sci. 2017. Vol. 477, part 1. P. 1336–1342].
- Иванов А. Н. Болотные геосистемы Центральной Мещеры // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1995. № 5. С. 86–94.
- Иванова Г. А. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири. Новосибирск: Наука, 2015. 239 с.
- Николаев В. А. Парагенезис полесий-ополей Центральной России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 5. С. 45–50.
- Новенко Е. Ю., Волкова Е. М., Мироненко И. В., Куприянов Д. А., Батанова А. К. Эволюция ландшафтов Юго-Восточной Мещеры в голоцене // Там же. 2016. С. 91–101.
- Новенко Е. Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в мезодунайских и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- Санников С. Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. 1981. № 6. С. 24–33.
- Софронов М. А., Вакуров А. Д. Огонь в лесу. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 124 с.
- Софронов М. А., Волокитина А. В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 204 с.
- Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 252 с.
- Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
- Blaauw M. Methods and code for “classical” age-modelling of radiocarbon sequences // Quaternary Geochronology. 2010. Vol. 5. P. 512–518.
- Clear J. L., Molinari C., Bradshaw R. H. W. Holocene fire in Fennoscandia and Denmark // Int. J. Wildland Fire. 2014. Vol. 23, N 6. P. 781–789.
- 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 // Quaternary Sci. Reviews. 2009. Vol. 28, N 5–6. P. 555–576.
- Drobyshev I., Bergeron Y., Ols C., Girardin M. P., Gauthier S., Ojal J. Strong gradients in forest sensitivity to climate change revealed by dynamics of forest fire cycles in the post little ice age era // J. Geophys. Res.: Biogeosci. 2017. T. 122, N 10. C. 2605–2616.
- Drobyshev I., Niklasson M., Linderholm H. W., Granström A., Hellberg E., Bergeron Y. Multi-century reconstruction of fire activity in northern European boreal forest suggests differences in regional fire regimes and their sensitivity to climate // J. Ecol. 2014. Vol. 102. C. 738–748.
- Fire in ecosystems of boreal Eurasia / Eds. J. G. Goldammer, V. V. Furyaev. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. 528 p.
- Gromtsev A. N. Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia: A review // Silva Fennica. 2002. Vol. 36, N 1. P. 41–55.
- Hawthorne D., Mitchell F. J. G. Identifying past fire regimes throughout the Holocene in Ireland using new and established methods of charcoal analysis // Quaternary Sci. Rev. 2016. Vol. 137. P. 45–53.
- Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis. Bozeman: MT, Montana State University, 2009. 27 p.
- Higuera P. E., Peters M. E., Brubaker L. B., Gavin D. G. Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model // Quaternary Sci. Rev. 2007. Vol. 26, N 13–14. P. 1790–1809.
- Kasin I., Blanck Y., Storaunet K. O., Rolstad J., Ohlson M. The charcoal record in peat and mineral soil across a boreal landscape and possible linkages to climate change and recent fire history // The Holocene. 2013. Vol. 23, N 7. P. 1052–1065.
- Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // Mires and Peat. 2011. Vol. 7. P. 1–18.
- Novenko E. Yu., Tsyganov A. N., Volkova E. M., Kupriyanov D. A., Mironenko I. V., Babeshko K. V., Utkina A. A., Popov V. A., Mazei Yu. A. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: A case study from Meshchera Lowlands // Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2016. Vol. 459. P. 570–584.
- Ohlson M., Korbøl A., Økland R. H. The macroscopic charcoal record in forested boreal peatlands in southeast Norway // The Holocene. 2006. Vol. 16, N 1. P. 731–741.
- Pitänen A., Tolonen K., Jungner H. A basin-based approach to the long-term history of forest fires as determined from peat strata // The Holocene. 2001. Vol. 11, N 5. P. 599–605.
- Power M. J., Marlon J., Ortiz N. et al. Changes in fire regimes since the last glacial maximum: An assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data // Climate Dynamics. 2008. Vol. 30, N 7–8. P. 887–907.
- Reimer P. J., Bard E., Bayliss A. et al. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP // Radiocarbon. 2013. Vol. 55. P. 1869–1887.
- Whitlock C., Higuera P. E., McWethy D. B., Briles C. E. Paleocological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept // The Open Ecol. Journ. 2010. Vol. 3. P. 6–23.
- Whitlock C., Bartlein P. J. Holocene fire activity as a record of past environmental change // Developments in Quaternary Sci. 2003. Vol. 1. P. 479–490.

# Reconstruction of the Holocene dynamics of forest fires in the Central part of Meshchera Lowlands (according to antracological analysis)

D. A. KUPRIYANOV<sup>1</sup>, E. Yu. NOVENKO<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*M. V. Lomonosov Moscow State University  
119991, Moscow, Leninskie gory, 1  
E-mail: dmitriykupriyanov1994@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Institute of Geography of RAS  
119017, Moscow, Staromonetny lane, 29  
E-mail: lenanov@mail.ru*

The paper presents the reconstruction of Holocene dynamics of forest fires and its influence on vegetation in the central part of Meshchera Lowlands. The studies are based on macrocharcoal and pollen analyses and radiocarbon dating of peat deposits from the peatland Studencheskoye. According to obtained results, changes in the structure of the plant cover were largely determined by fire regime during the Holocene. In the period of high forest fires intensity (~9200 – 6400 cal. (calendar) years BP) the study area was occupied by birch-pine forests. The role of spruce and broad-leaved species in forest stands was increased in the period with low frequency of forest fires (~6400 – 1400 cal. years BP). The influence of fires on vegetation increased after 1400 cal years BP due to human impact. The obtained results show that periods of increased fire frequencies occurred before the human occupation of the area and were determined by climatic reasons.

**Key words:** forest fires, paleoecology, macrocharcoal analysis, pollen analysis, the Holocene, Meshchera Lowlands.