

УДК 56.074.6

## ВОЗРАСТ БОЛОТ И ЭТАПЫ БОЛОТООБРАЗОВАНИЯ В ПОЛЕССКИХ ЛАНДШАФТАХ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

© 2020 г. Член-корреспондент РАН К. Н. Дьяконов<sup>1</sup>, Е. Ю. Новенко<sup>1,2</sup>,  
Н. Г. Мазей<sup>1,\*</sup>, М. В. Кусильман<sup>1</sup>

Поступило 06.02.2020 г.

После доработки 25.03.2020 г.

Принято к публикации 30.03.2020 г.

Представлены результаты изучения торфяных залежей и радиоуглеродных датировок базальных горизонтов торфа в 43 болотах, расположенных на трех ключевых участках в пределах Мещёрской низменности и Мокшинского Полесья. Для анализа выбраны болота, образовавшиеся путем сухоходольного заболачивания и приуроченные к водоразделам или надпойменным террасам. Полученные данные показали, что болотообразовательный процесс в этих регионах протекал в течение всего голоцена и находился под влиянием пожарного режима территории. В периоды, когда частота пожаров возрастала (8.8–5.8 и 4.2–3.2 тысяч календарных лет назад) активизация процессов заболачивания была вызвана изменениями водного баланса плоских и слабо дренируемых равнин после гибели древостоя.

*Ключевые слова:* болотообразовательный процесс, голоцен, радиоуглеродные датировки, Восточно-Европейская равнина, Полесье

DOI: 10.31857/S2686739720060067

Исследования истории болотообразовательного процесса в полесских ландшафтах, где болота и заболоченные леса охватывают значительные площади (30–35% территории) [1] и занимают, как правило, субдоминантные, а иногда и доминантные урочища, в настоящее время особенно актуальны. Болота играют ключевую роль в накоплении углерода и оказывают влияние на содержание парниковых газов в атмосфере. В условиях меняющегося климата текущего столетия изучение возраста болот и выявление факторов, определяющих болотообразовательный процесс на протяжении голоцена, в особенности, оценка роли климатических условий в формировании и развитии болот, приобретает большое значение для решения вопросов охраны окружающей среды и оптимизации природопользования.

Исследования были проведены на трех ключевых участках (рис. 1). Первые две изучаемые территории расположены в Клепиковском районе Рязанской области и представляют собой так называемую “озерную Мещёру” (участок “Белое озеро”, наиболее пониженная часть Мещёрской

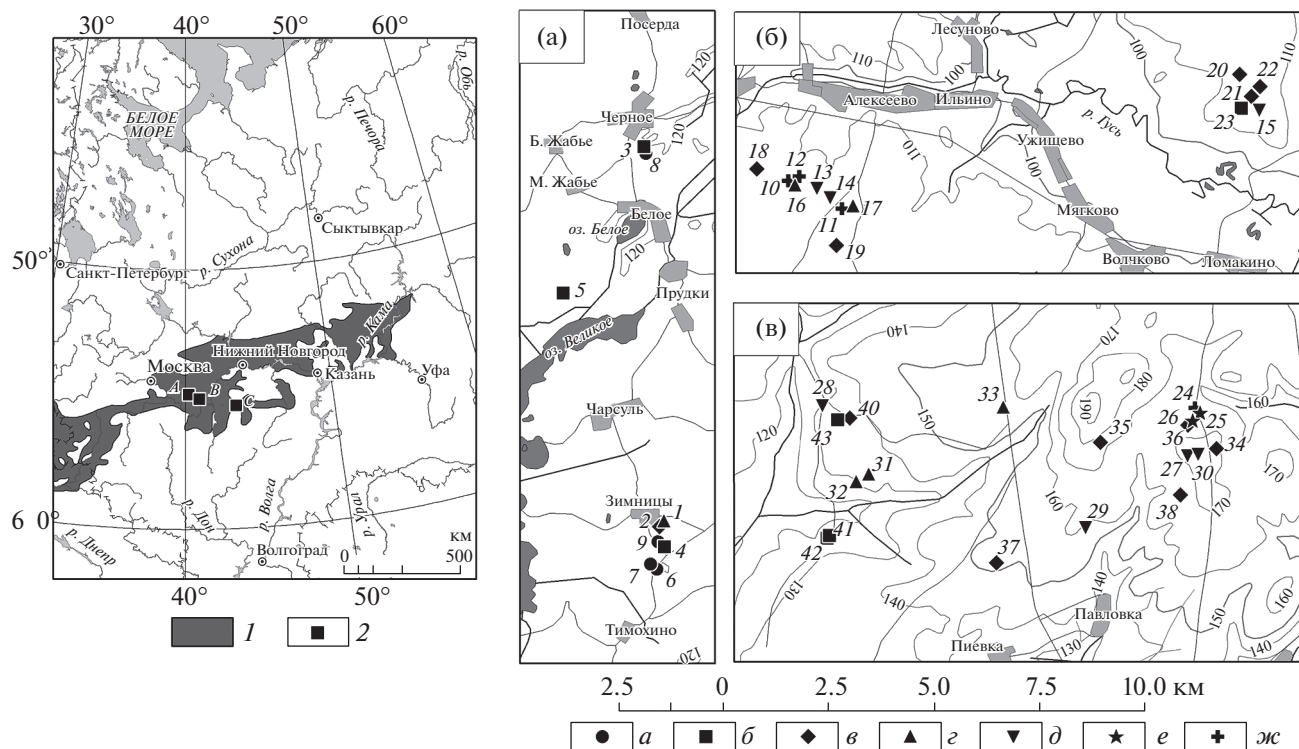
низменности в центральной ее части) и “сухую Мещёру” (участок “Лесуново”, менее заболоченный юго-восток Мещёры). Третий ключевой участок занимает территорию Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смиловича (Темниковский район республики Мордовия) и относится к Мокшинскому полесью, которое является юго-восточным продолжением Мещёрской полесской низины [3].

На ключевых участках было проведено бурение и изучено строение торфяных залежей 36 болот, получены радиоуглеродные датировки их базальных горизонтов. Также привлечены опубликованные данные по 7 болотам, расположенным в исследуемых районах [4–6]. Нами были рассмотрены небольшие по площади болотные геосистемы (от 0.5 до 12 га), расположенные в пределах плоских водноледниковых и озерно-водноледниковых равнин (участок “Белое озеро”) и моренно-водноледниковых равнин (участок “Лесуново”), а в Мордовии изученные болота занимают понижения в рельефе на поверхности моренно-водноледниковых равнин и 2-й надпойменной террасы реки Мокши. Для исследования были выбраны болота, имеющие атмосферное или водно-грунтовое питание и образовавшиеся, преимущественно, путем сухоходольного заболачивания. Только в трех из изученных болот торфяная залежь подстилается маломощным прослоем

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

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

\*E-mail: natashamazey@mail.ru



**Рис. 1.** Положение ключевых участков и изученных разрезов. 1 – Пояс полесий Восточно-Европейской равнины (по карте Н.И. Волковой, 1998 [2]). 2 – Ключевые участки: А – “Белое озеро”, В – “Лесуново”, С – “Мордовский заповедник”. Номера разрезов на рисунке совпадают с табл. 1. Возраст болот (тысяч календарных лет назад): а – >10; б – 8–10; в – 8–6; г – 6–4; д – 4–3; е – 3–2; ж – 2–0.

озерных отложений, что предполагает их образование путем зарастания водоемов в локальных понижениях рельефа. В остальных случаях ниже торфяных отложений в скважинах были вскрыты пески или супеси. Болота, расположенные в карстовых воронках, пойменные болота в анализ включены не были, поскольку на их развитие большое влияние оказывают гидрогеологические условия территории, и вклад климатического фактора часто выявить затруднительно. Определение возраста базальных горизонтов торфа проведено в ЦКП “Радиоуглеродной лаборатории и электронной микроскопии” Института географии РАН и в Институте природопользования НАН Беларуси. Всего в рамках исследования рассмотрено 43 датировки (табл. 1).

Для описания связи болотообразовательного процесса и климатических условий были использованы результаты исследований на севере Среднерусской возвышенности и в Центрально-лесном заповеднике (юг Валдайской возвышенности), где изменения теплообеспеченности и увлажнения в голоцене были восстановлены по палинологическим данным с высоким временным разрешением и выполнены реконструкции уровня болотных вод по изменениям видового состава сообществ раковинных амёб [7, 8]. Не-

смотря на региональные различия климатических условий мы предполагаем, что основные тенденции изменения климата в голоцене (чередование теплых и холодных, сухих и влажных фаз продолжительностью от нескольких столетий до тысячелетий) будут общими для рассматриваемых регионов. Но это касается только длинно- и среднепериодических колебаний, протяженностью в тысячи и сотни лет. Для высокочастотных (годовых) колебаний метеорологических условий общность региональной специфики ослабевает, если расстояние между точками наблюдений превышает 250–300 км.

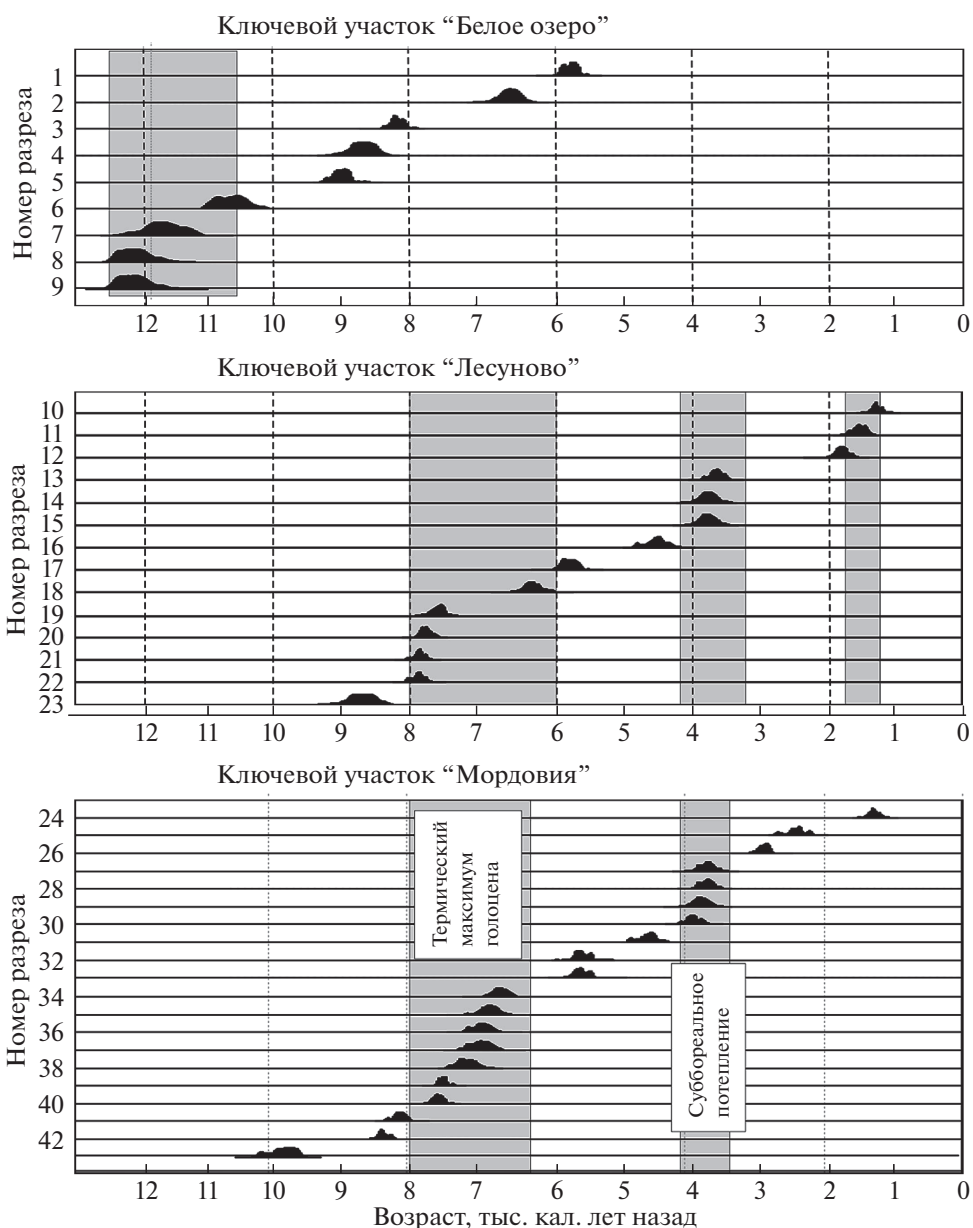
Для ключевых участков имеются детальные палинологические данные, но их использовать для климатических реконструкций затруднительно. Как показали проведенные ранее исследования, для полесских районов были характерны частые пожары на протяжении почти всего голоцена [9], поэтому на формирование спорово-пыльцевых спектров оказали влияние не только климатические изменения, но и вторичные сукцессии растительности.

Полученные данные о возрасте базальных горизонтов торфа в 43 болотах, расположенных на трех модельных территориях, показали, что болотообразовательный процесс протекал в течение

Таблица 1. Возраст базальных горизонтов торфа из разрезов болот ключевых участков

№ на карте	Название болота	Глубина, см	Лабораторный номер	<sup>14</sup> C возраст лет назад	Интервал календарного возраста лет назад, 2 $\delta$ (вероятность)
Ключевой участок "Белое озеро"					
1	Зимница	76–81	IGSB-1918	4985 ± 100	5485–551 (0.014) 5580–5933 (0.986)
2	Грозовое	49–54	IGSB-1914	5830 ± 120	6352–6366 (0.006) 6396–6942 (0.994)
3	Сонное	95–100	IGSB-1915	7530 ± 110	8054–8092 (0.019) 8109–8118 (0.004) 8134–8137 (0.002) 8154–8552 (0.975)
4	Чашоба	129–134	IGSB-1919	7980 ± 130	8484–8487 (0.001) 8520–8529 (0.003) 8537–9150 (0.962) 9163–9253 (0.034)
5	Студенческое	218–220	ИГРАН 4388	8190 ± 90	8810–8825 (0.004) 8872–8878 (0.002) 8978–9442 (0.994)
6	Придорожное	138–143	IGSB-1916	9490 ± 145	10399–11202 (1.000)
7	Тихое	151–156	IGSB-1921	10170 ± 140	11307–12246 (0.946) 12264–12384 (0.054)
8	Чёрное	215–220	IGSB-1917	10 430 ± 160	11761–12698 (1.000)
9	Лосиное	105–110	IGSB-1920	10 410 ± 160	11716–11740 (0.006) 11745–12694 (0.994)
Ключевой участок "Лесуново"					
10	Музыкальное	38–45	IGSB-1873	1365 ± 70	1088–1109 (0.012) 1125–1136 (0.006) 1145–1159 (0.008) 1172–1407 (0.973)
11	Водное	45–50	IGSB-1868	1630 ± 80	1354–1708 (1.000)
12	Суходол	30–35	IGSB-1867	1850 ± 75	1573–1580 (0.005) 1602–1947 (0.995)
13	Надюха	45–50	IGSB-1872	3380 ± 75	3457–3828 (1.000)
14	Жаворонковое	45–50	IGSB-1871	3470 ± 90	3484–3486 (0.001) 3494–3503 (0.005) 3506–3532 (0.016) 3554–3975 (0.978)
15	Миртовое	75–80	ИГРАН 4939	3475 ± 90	3484–3486 (0.001) 3494–3503 (0.005) 3506–3532 (0.016) 3554–3975 (0.978)
16	Кукушка	40–45	IGSB-1869	4010 ± 90	4239–4729 (0.905) 4736–4741 (0.003) 4749–4820 (0.092)
17	Журавлиное	85–90	IGSB 1637	5030 ± 110	5489–5503(0.005) 5582–5998 (0.995)
18	Алексеево	98–100	IGSB 1644	5520 ± 120	5996–6563 (0.999) 6594–6596 (0.001)
18	Дурное	100–107	ИГРАН 4388	6830 ± 90	7512–7541 (0.024)

№ на карте	Название болота	Глубина, см	Лабораторный номер	<sup>14</sup> C возраст лет назад	Интервал календарного возраста лет назад, 2 $\delta$ (вероятность)
					7559–7856 (0.96.9)
20	Голубичное	126–130	ИГРАН 4935	7060 ± 80	7904–7917 (0.008)
21	Новоалександровское	235–237	ИГРАН 4344	7150 ± 80	7707–8013 (1.000)
22	Клюквенное	85–90	ИГРАН 4937	7160 ± 90	7828–8166 (1.000)
23	Багульниковое	106–110	IGSB-1638	7940 ± 145	7796–7810 (0.01)
					7822–8175 (0.99)
					8424–9137 (0.989)
					9178–9201 (0.007)
					9223–9235 (0.004)
Ключевой участок “Мордовия”					
24	Столбовое	130–135	ИГ РАН 5778	1360 ± 80	1073–1163 (0.085)
25	Дубок	65–68	IGSB-1866	2340 ± 75	1169–1408 (0.915)
26	Далекое	45–45	IGSB-1865	2750 ± 75	2630–2702 (0.100)
					2746–3009 (0.976)
					3011–3036 (0.019)
27	Просека-2	45–49	IGSB-1863	3420 ± 75	3050–3056 (0.005)
					3479–3539 (0.064)
					3542–3860 (0.936)
28	Жегаловское-2	60–65	IGSB-1858	3425 ± 75	3481–3537 (0.055)
					3545–3868 (0.945)
29	Мягкое	73–78	IGSB-1910	3485 ± 90	3499–3501 (0.001)
					3509–3531 (0.010)
					3556–3985 (0.986)
					4053–4060 (0.003)
30	Просека-1	40–44	IGSB-1862	3580 ± 75	3650–3658 (0.006)
					3691–4087 (0.994)
31	Жегаловское-4	92–95	IGSB-1860	4030 ± 80	4294–4729 (0.884)
					4736–4742 (0.004)
					4748–4820 (0.112)
32	Жегаловское-5	96–100	IGSB-1861	4760 ± 80	5315–5612 (0.992)
					5632–5641 (0.008)
33	Саровское	70–75	IGSB-1909	4775 ± 105	5289–5742 (1.000)
34	Клюквенное	220–225	ИГРАН 4793	5850 ± 90	6449–6883 (1.000)
35	Малое	185–190	IGSB-1913	5970 ± 120	6532–7158 (1.000)
36	Поперечное	121–125	IGSB-1864	6060 ± 100	6672–7171 (1.000)
37	Сухое	145–150	IGSB-1912	6070 ± 120	6670–7245 (1.000)
38	Краевое	93–98	IGSB-1911	6245 ± 110	6894–7342 (0.944)
					7347–7417 (0.056)
39	Кордон Стекланный	245–250	ИГРАН 4996	6580 ± 80	7324–7590 (1.000)
40	Жегаловское-1	104–107	IGSB-1857	6690 ± 100	7420–7732 (1.000)
41	Долгий мост 2	180–185	ИГРАН 5775	7290 ± 100	7944–8330 (1.000)
42	Долгий мост	265–270	ИГРАН 4990	7550 ± 80	8185–8480 (0.976)
					8493–8516 (0.024)
43	Жегаловское-3	170–174	IGSB-1859	8740 ± 110	9537–9966 (0.826)
					9983–10154 (0.174)



**Рис. 2.** Распределение вероятностей календарного возраста датировок базальных горизонтов торфа в изученных разрезах. Номера разрезов на рисунке совпадают с указанными в табл. 1.

всего голоцена (рис. 2). Возраст болот варьирует от 12.2 до 1.2 тыс. кал. л.н. (тысяч календарных лет назад). Наиболее “древние” болота, имеющие возраст 10.0–12.2 тыс. кал. л.н., выявлены в центральной части Мещёры (ключевой участок “Белое озеро”). Их образование связано с началом активного процесса заболачивания при потеплении климата на рубеже позднеплейстоценовой ледниковой эпохи и голоцена, который был характерен для всей территории субарктической и бореальной областей Северного полушария. Как показывают обобщения большого массива данных радиоуглеродных датировок базальных гори-

зонтов торфа болот в северной части Евразии и в Канаде, большинство болот образовалось между 11 и 9 тыс. кал. л.н. [10, 11] в течение пребореального и бореального периодов голоцена. К этому временному интервалу относятся датировки начала роста торфяных залежей 5 болот на ключевом участке “Белое озеро” и одного болота в Мордовии.

Полученные радиоуглеродные датировки показали, что возраст базальных горизонтов большинства болот на ключевых участках варьирует между 8.8 и 5.8 тыс. кал. л.н. и относятся к термическому атлантическому максимуму голоцена.

Активное болотообразование в атлантическое время имело место во многих регионах Европейской территории России и в Западной Сибири. Так, например, в Карелии в этот период образовалось около 40% болотных массивов [12]. Для первой половины атлантического периода с 8.8 до 7.6 тыс. кал. л.н. был характерен теплый и относительно влажный климат [7, 8], который способствовал накоплению торфа. Полученные ранее данные о скоростях вертикального прироста торфа на ключевых участках, реконструированные по материалам пяти детально датированным и подробно изученным болотным геосистемам [4–6], свидетельствуют о высокой скорости торфонакопления (1.0–1.5 мм/год) в первую половину атлантического периода. В этот временной интервал начали развиваться 8 болот из рассмотренных нами объектов. Однако максимальное количество болот (13) образовалось в течение поздней фазы атлантического периода голоцена между 7.6 и 5.8 тыс. кал. л.н., когда климатические условия стали значительно суше. Второй максимум болотообразования (7 болот) приурочен к периоду между 4.2 и 3.2 тыс. кал. л.н. (суббореальное потепление). Согласно климатическим реконструкциям для центральных районов Восточно-Европейской равнины – это наиболее сухой период за весь голоцен [7, 8]. Низкий уровень болотных вод, восстановленный по ризоподным данным для модельных болот на Среднерусской и Валдайской возвышенностях, и высокая степень гумификации торфа в разрезах болот свидетельствуют о дефиците влаги в болотных геосистемах в летний период. Также выделяется группа болот, имеющих возраст 1.2–1.8 тыс. кал. л.н. При этом в периоды похолодания и увлажнения климата – около 5.7–4.5 и 2.6–2.0 тыс. кал. л.н. образовалось минимальное количество болот. Следует отметить, что для многих регионов Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири также прослеживается снижение интенсивности болотообразования в те же временные интервалы [12]. Но если взять распределение возраста базальных горизонтов торфяников в арктической и бореальной зонах циркумполярной области Северного полушария в целом (3146 датировок), приведенные в работе Корхолы с соавторами [11], то прослеживаются противоположные тенденции изменений болотообразовательного процесса. В период термического максимума голоцена между 8.8 и 5.8 тыс. кал. л.н. интенсивность болотообразования существенно снижалась. После 5 тыс. кал. л.н. при похолодании и увлажнении климата (неогляциал) процессы заболачивания активизировались. Похожие тенденции были выявлены при исследовании болотообразовательного процесса на локальном уровне в среднетаежном ландшафте Архангельской области [14].

Сопоставление датировок базальных горизонтов торфяных залежей болот с реконструкциями изменения пожарных режимов на рассматриваемых ключевых участках в голоцене [4, 8] позволило выделить следующую закономерность. Возраст большинства болот совпадает со временем увеличения частоты и интенсивности пожаров на территориях, окружающих болота. Палеоантракологические исследования надежно датированных торфяных колонок болот на ключевых участках показали, что в слоях торфа, сформировавшихся в периоды 7.6–5.8, 3.7–3.2 и 1.2–1.8 тыс. кал. л.н. выявлена высокая концентрация микро- и макрочастиц угля, обнаружены хорошо различимые прослои угольков и обугленного торфа. Если в течение первых двух временных интервалов пожары возникали за счет естественных причин, то в период 1.2–1.8 тыс. кал. л.н. количество пожаров возрастало под влиянием антропогенного фактора [9]. В ходе полевых исследований на модельных территориях было отмечено, что во всех изученных болотах, за исключением наиболее древних болот на ключевом участке “Белое озеро”, по дну котловин проходят угольные прослои мощностью 1–3 см. Очевидно, что накопление торфа в локальных депрессиях рельефа началось после пожара. Известно, что после сильных лесных пожаров, сопровождавшихся гибелью древостоя, меняется водный баланс территории главным образом за счет уменьшения испарения и увеличения поверхностного стока на наклонных поверхностях [13]. Но если в хорошо дренированных местообитаниях заболачивание после вырубок и пожаров – это временное явление, то уменьшение испарения в условиях плоского рельефа в полесьях приводило, очевидно, к необратимым процессам образования болот. Можно также предположить, что болота на ключевых участках сгорали до минерального дна, возможно неоднократно, а затем болотообразовательный процесс возобновлялся. В этом случае формирование ряда болот началось раньше, а возраст базальных горизонтов торфа показывает время начала восстановления болотной геосистемы после пожара. Показательно, что наиболее древние болота располагаются в самой пониженной и влажной части Мещёрской низменности, где влияние пожаров в доантропогенный период было меньшим по сравнению с ключевыми участками на юго-востоке Мещёры и в Мордовии.

Полученные данные о возрасте базальных горизонтов торфа в 43 болотах, расположенных в полесских ландшафтах на трех модельных территориях, показали, что болотообразовательный процесс в этих регионах протекал в течение всего голоцена и находился под влиянием пожарного режима территории. В периоды, когда частота пожаров возрастала, активизация процессов заболачивания была вызвана изменениями водного ба-

ланса плоских и слабо дренируемых равнин после гибели древостоя.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 19–14–00102 (анализ данных и написание статьи), по теме Государственного задания ГЗ 0148–2019–0005 (сбор материала и подготовка базы данных).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зайдельман Ф.Р.* Минеральные торфяные почвы полесских ландшафтов: Генезис, гидрология, агроэкология, мелиорация, защита от пожаров торфяников и лесов, рекультивация. М.: КРАСАНД, 2013. 436 с.
2. *Волкова Н.И.* Ландшафтная структура и ее влияние на современные антропогенные процессы: на примере Брянской области. Дис. ... канд. геогр. наук. Москва. 1998. 190 с.
3. *Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А.* Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Высшая школа, 1986. 375 с.
4. *Дьяконов К.Н., Абрамова Т.А.* Итоги палеоландшафтных исследований в Центральной Мещере // Известия Русского географического общества. 1998. Т. 130. № 4. С. 10–21.
5. *Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., et al.* Mid- and Late Holocene Vegetation Dynamics and Fire History in the Boreal Forest of European Russia: A Case Study from Meshchera Lowlands // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016. V. 459. P. 570–584.
6. *Novenko E., Tsyganov A., Payne R., et al.* Vegetation Dynamics and Fire History at the Southern Boundary of the Forest Vegetation Zone in European Russia // *During the Middle and Late Holocene // Holocene*. 2018. V. 28. № 2. P. 308–322.
7. *Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., et al.* The Holocene Palaeoenvironmental History of Central European Russia Reconstructed from Pollen, Plant Macrofossil and Testate Amoeba Analyses of the Klukva Peatland, Tula Region // *Quaternary Research*. 2015. V. 83. P. 459–468.
8. *Novenko E. Yu., Tsyganov A. N., Olchev A. V.* Palaeoecological Data as a Tool to Predict Possible Future Vegetation Changes in the Boreal Forest Zone of European Russia: A Case Study from the Central Forest Biosphere Reserve // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. V. 107. P. 12104.
9. *Дьяконов К.Н., Новенко Е. Ю., Мироненко И. В. и др.* Роль пожаров в динамике ландшафтов юго-восточной Мещеры в голоцене // *ДАН*. 2017. Т. 477. № 2. С. 233–239.
10. *MacDonald G.M., Beilman D.W., Kremenetski K.V., et al.* Rapid Early Development of Circumarctic Peatlands and Atmospheric CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> Variations // *Science*. 2006. V. 314. P. 285–288.
11. *Korhola A., Ruppel M., Seppä H., et al.* The Importance of northern Peatland Expansion to the Late-Holocene Rise of Atmospheric Methane // *Quaternary Science Reviews*. 2010. V. 29. P. 611–617.
12. *Инишева Л.И., Кобак К.И., Турчинович И.Е.* Развитие процесса заболачивания и скорость аккумуляции углерода в болотных экосистемах России // *География и природные ресурсы*. 2013. № 3. С. 60–68.
13. *Пьявченко Н.И.* Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М.: Наука, 1985. 152 с.
14. *Дьяконов К.Н.* Взаимодействие структурного, эволюционного и функционального направлений в ландшафтных исследованиях // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2002. № 1. С. 13–21.

## THE AGE OF PEATLANDS AND STAGES OF THE PEATLAND FORMATION IN POLISSYE LANDSCAPES OF THE EAST EUROPEAN PLAIN

Corresponding Member of the RAS **K. N. Dyakonov<sup>a</sup>, E. Yu. Novenko<sup>a,b</sup>, N. G. Mazei<sup>a,#</sup>, and M.V. Kusilman<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

<sup>b</sup> *Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>#</sup> *E-mail: natashamazei@mail.ru*

The paper presents the results of the study of peat deposits and radiocarbon dating of basal peat horizons in 43 peatlands located in three key areas within the Meshchera Lowland and Moksha Polesye. Peatlands formed by paludification and occupied watersheds and floodplain terraces were chosen for the analysis. The data obtained showed that the process of peatland formation in these regions occurred throughout the Holocene and were influenced by the fire regime of the territory. During periods when the fire frequency increased (8.8–5.8 and 4.2–3.2 thousands of calendar years BC) activation of waterlogging processes was caused by changes in the water balance of flat and poorly drained plains after the death of the forest stand.

*Keywords:* peatland formation, the Holocene, radiocarbon dating, the East European Plain, Polesyie