

М. Г. Напреенко, Т. В. Напреенко-Дорохова

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ДЕЛЬТОВОМ ЛАНДШАФТЕ РЕКИ НЕМАН В ГОЛОЦЕНЕ

62

Описаны основные этапы развития Большого Мохового болота – крупнейшей болотной системы Калининградской области, расположенной в южной части дельты Немана. Приводятся данные о структуре торфяной залежи и ботаническом составе торфа, скоростях торфонакопления в разные периоды голоцена. Установлено, что развитие болотной экосистемы началось в середине атлантического периода, около 7000 калиброванных лет назад (кал. л. н.). Первыми торфообразующими сообществами болота стали влажные черноольшаники с тростником, сменившиеся в конце атлантики – начале суббореала тростниково-осоковыми сообществами. В первой половине суббореала доминировали высокотравные осоковые биогеоценозы низинного болота, во второй стали распространяться сфагновые мхи, что привело к формированию фитоценозов переходного болота. В субатлантике произошел окончательный переход болота в верховую стадию.

*The article provides new data on the development pattern of the Bolshoye Mokhovoye swamp (Grosses Moosbruch) which is the largest swamp in the Kaliningrad Region located in the southern part of the Neman Delta area. The authors consider peat bed structure, botanical composition of peat, peat accumulation rates in different periods of the Holocene and main stages of the swamp development. It has been determined that the swamp development process started in the middle of the Atlantic (≈ 7000 cal. BP). The alder swamps were the first peat forming ecosystems that were replaced by reed stands of *Phragmites* and sedge at the end of Atlantic. In the early, the tall-sedge fen communities became dominant in the area. In the second half of Sub-Boreal, sphagnum mosses began to spread, which led to the formation of phytocenoses of the transitional swamp. The raised swamp stage finally formed in the Sub-Atlantic period.*

Ключевые слова: Калининградская область, палеогеография, ботанический состав торфа, сукцессии, голоцен.

Keywords: Kaliningrad Region, palaeogeography, botanical composition of peat, succession of plants, Holocene.

Введение

Болота являются особыми природными экосистемами Земли, где происходит вывод из биогеохимических круговоротов части органического вещества биосферы и аккумуляция его в виде торфяных отложений. Экосистемы болот выполняют ряд важных биосферных функций, таких как регуляция газового состава атмосферы, поддержание водного баланса территорий, сохранение биологического разнообразия. Торфяные отложения служат естественной летописью динамики расти-



тельного покрова, содержат информацию о климатических и гидрологических условиях образования и развития болот. Поэтому одной из важнейших сторон исследования болотных комплексов стало изучение структуры торфяной залежи и ботанического состава торфов, дающее представление об историческом развитии болот и изменениях на окружающих их территориях.

В Калининградской области болота занимают 6 % от всей ее площади, являясь при этом важной частью природных ресурсов региона. В дельтовом ландшафте реки Неман площадь болот и заболоченных территорий достигает 30 %, здесь болотным экосистемам принадлежит важная роль в поддержании гидрологического режима всего ландшафтного района.

Цель данной работы – изучение истории развития ключевой болотной экосистемы дельты Немана – Большого Мохового болота – в голоцене на основе изучения ботанического состава торфов.

Большое Моховое болото – самый крупный в Калининградской области болотный массив верхового типа, расположенный на площади около 5000 га в южной части Нижненеманской низменности, в 8 км к востоку от побережья Куршского залива (рис. 1). Вместе с прилегающими заболоченными территориями Большое Моховое болото образует в северо-западной части Калининградской области крупный лесоболотный природный комплекс общей площадью свыше 15000 га.

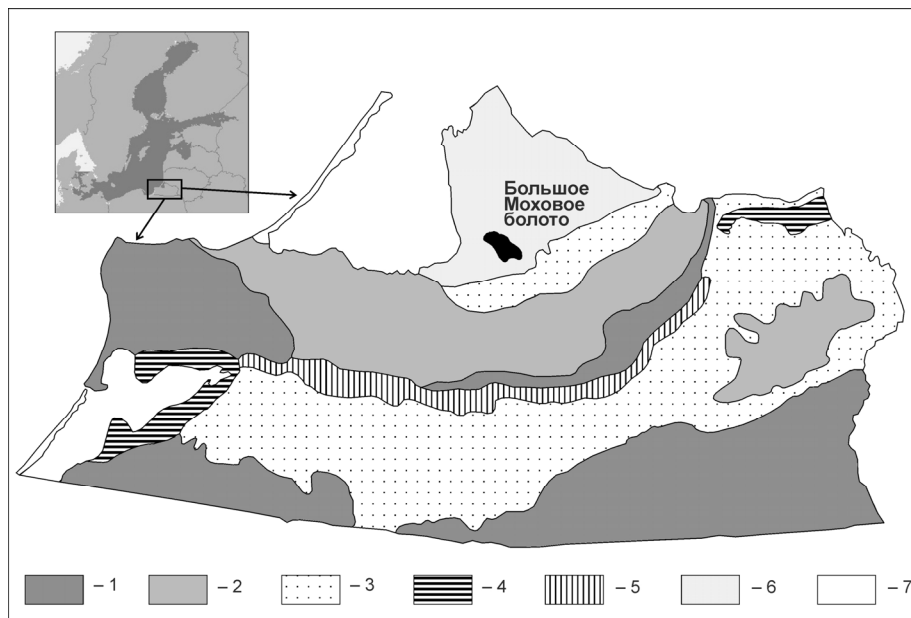


Рис. 1. Схема ландшафтных районов Калининградской области [1]:

- 1 - холмисто-моренные ландшафты; 2 - моренные равнины;
- 3 - озерно-ледниковые равнины;
- 4 - древнеаллювиально-флювиогляциальные равнины;
- 5 - современные аллювиальные равнины;
- 6 - дельтовые низменности; 7 - озовые ландшафты



Как участок ландшафта Большое Моховое болото представляет собой вытянутый с юго-востока на северо-запад, слабовыпуклый болотный массив с обширным плоским плато в центре. Краевой склон болотного массива окаймляет узкой полосой всю территорию болота, местами простираясь дальше к центру. В центральных частях плато развиты мочажинные и озерковые комплексы.

Растительный покров Большого Мохового болота составляют типичные травяно-кустарничково-сфагновые сообщества с доминированием вереска, пушицы влагалищной и пухоноса дернистого. Широко распространены незначительные по площади болотные сосняки. Краевой склон болота занимают сообщества кочковато-мочажинного комплекса, где довольно крупные кочки с вереском и рассеянной низкорослой сосной чередуются с очеретниковыми мочажинами.

Краевые участки болота, а также некоторые более сухие места в центральной части заняты сосняками багульниковыми, образующими так называемое «лесное кольцо». По периферии болото окружено сильно заболоченными черноольшаниками.

Материал и методы исследования

Бурение торфяной залежи с последующим отбором колонки проводилось в наиболее глубокой части болотного массива (54.97298° с. ш.; 21.38549° в. д.), выявленной с помощью предварительной зондировки торфяной залежи. Зондировка и отбор проб выполнялись с помощью торфяного бура геологического (модель ТБГ-66). Бурение торфяной залежи проводилось с учетом методических указаний [9].

Обработка торфяных проб включала в себя промывку, отмучивание и определение степени разложения для каждой пробы, выполненное с помощью микроскопического метода [10]. С целью удаления бесструктурных гумусных частиц образец торфа промывался на сите диаметром 100–250 мм с сеткой №025К. Затем под микроскопом проводилось определение макроостатков растений, содержащихся в торфяной пробе, и устанавливалось количественное соотношение остатков разных систематических групп растений в процентах. На основании ботанического состава выполнялась классификация торфов, включавшая выделение их типа, группы и вида.

Для идентификации остатков растений в торфах использовался ряд атласов и определителей [2; 7; 8].

Латинские названия сосудистых растений приведены в тексте согласно списку С.К. Черепанова [12], номенклатура листостебельных мохообразных дана в соответствии со сводкой М.С. Игнатова и О.М. Афоной [3].

Абсолютный возраст торфяных отложений установлен радиоуглеродным методом (по содержанию изотопов ^{14}C) в лаборатории радиоуглеродного датирования Института географии Российской академии наук (г. Москва), лабораторный индекс ИГАН.

Калибровка радиоуглеродных датировок выполнена с применением программы CALIB, версия 7.1.0 $^{14}\text{ChronoCentre}$, QueensUniversityBelfast, в которой использовалась калибровочная кривая IntCal13 [16].



Результаты и обсуждение

Мощность торфяной залежи Большого Мохового болота в месте бурения и отбора проб составляет 10 м. Низинные торфа в исследуемой колонке представляют собой мощный торфяной пласт (4 м) и сменяются переходными торфами, которые образуют маломощный горизонт до 1 м толщиной. Верховая часть залежи выражена очень хорошо, различные виды верхового торфа образуют значительные слои общей мощностью около 5 м. Основная часть верховой залежи Большого Мохового болота сложена *fuscum*-торфом с отдельными прослоями *angustifolium*-торфа и пушицево-сфагнового торфа. Самую верхнюю часть колонки занимает комплексный сфагновый торф.

За основу классификации видов торфа на исследованном болоте взяты подходы, примененные в других регионах РФ – в Европейской части России [11] и Западной Сибири [6]. С использованием данных принципов были выделены различные виды торфов, которые в зависимости от преобладания остатков растений тех или иных жизненных форм объединялись в группы торфов, а затем в типы торфов по преобладанию остатков растений низинных, переходных или верховых болот. Результаты распределения торфов в исследованной колонке Большого Мохового болота по видам, группам и типам, полученные на основе проведенного анализа ботанического состава торфяных проб, представлены в таблице 1.

65

Таблица 1

Классификация торфов Большого Мохового болота

| Тип (глубина, см) | Группа (глубина, см) | Вид торфа | Торфообразующий биогеоценоз |
|-------------------------|--|---|---|
| Низинный (600–1000 см) | Древесная (910–940 см) | Древесный | Эвтрофный древесный (мокрый черноольшаник) |
| | Древесно-травяная (940–1000, 845–910 см) | Древесно-тростниковый | Эвтрофный древесно-тростниковый (влажный тростниковый черноольшаник) |
| | | Древесно-осоковый | Эвтрофный древесно-осоковый с ольхой |
| | Травяная (600–845 см) | Осоково-тростниковый | Эвтрофный с высокотравной растительностью (осоковые и тростниковые займища, чистые или смешанные, иногда с примесью кустарников и древесных видов) |
| Осоковый | | Эвтрофный травяной (осоковые сообщества низинного болота) | |
| Переходный (480–600 см) | Травяно-моховая (480–600 см) | Переходный осоково-сфагновый торф (различные варианты) | Мезотрофный травяно-сфагновый с доминированием видов осок переходного и низинного болота и сфагновых мхов верхового болота; встречается примесь пушицы и поросли березы |



| Тип (глубина, см) | Группа (глубина, см) | Вид | Торфообразующий биогеоценоз |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| Верховой (10–480 см) | Моховая (10–25, 40–480 см) | <i>Fuscum</i> -торф | Олиготрофные фитоценозы сфагновых кочек верхового болота с доминированием <i>Sphagnum fuscum</i> , иногда с содоминированием пушицы в травяно-кустарничковом ярусе |
| | | <i>Angustifolium</i> -торф | Мезо-олиготрофные (реже олиготрофные) фитоценозы кочковато-мочажинного комплекса верхового болота с преобладанием <i>Sphagnum angustifolium</i> |
| | | Комплексный сфагновый торф | Олиготрофные фитоценозы мочажинных и топяных комплексов верхового болота, часто с содоминированием пушицы и вересковых в травяно-кустарничковом ярусе |
| | Травяно-моховая (25–40 см) | Верховой пушицево-сфагновый | Олиготрофные и мезо-олиготрофные фитоценозы сфагнуво-пушицевого комплекса плато верхового болота |

Результаты радиоуглеродного датирования, полученные для восьми торфяных проб Большого Мохового болота, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Абсолютные датировки торфяных образцов Большого Мохового болота

| Глубина взятия образца, см | Лабораторный индекс ИГАН | Радиоуглеродный возраст, лет назад (BP) | Интервал калиброванного возраста на 1σ калиброванных лет назад (cal. BP) | |
|----------------------------|--------------------------|---|--|-------------|
| | | | начало - конец | вероятность |
| 125–135 | 4401 | 410±70 | 327–360 | 0.228 |
| | | | 366–374 | 0.039 |
| | | | <u>429–519</u> | 0.733 |
| 220–230 | 4403 | 1200±70 | 1010–1022 | 0.052 |
| | | | <u>1055–1185</u> | 0.804 |
| | | | 1206–1236 | 0.144 |
| 320–330 | 4402 | 1800±60 | 1629–1655 | 0.154 |
| | | | 1660–1666 | 0.026 |
| | | | <u>1692–1817</u> | 0.820 |
| 470–480 | 4404 | 2630±70 | 2624–2626 | 0.006 |
| | | | <u>2710–2851</u> | 0.994 |
| | | | | |
| 560–570 | 4405 | 3390±70 | 3514–3523 | 0.028 |
| | | | <u>3559–3721</u> | 0.929 |
| | | | 3799–3813 | 0.042 |
| 670–680 | 4406 | 4120±70 | 4530–4563 | 0.136 |
| | | | <u>4565–4658</u> | 0.425 |
| | | | 4666–4707 | 0.182 |
| | | | 4756–4812 | 0.257 |
| 770–780 | 4407 | 4960±80 | <u>5601–5749</u> | 0.913 |
| | | | 5829–5845 | 0.067 |
| | | | 5847–5853 | 0.021 |
| 970–980 | 4408 | 5930±80 | <u>6665–6857</u> | 1.000 |



На основе результатов ботанического анализа и оценки степени разложения торфа, а также данных радиоуглеродного датирования была построена диаграмма (рис. 2), отражающая скорость торфонакопления и смену стадий растительности Большого Мохового болота за последние 7000 лет. Анализ диаграммы позволил выделить пять стадий развития растительности Большого Мохового болота.

Стадия I (*Alnus* – *Phragmites*) отражает растительность первых торфообразующих сообществ и характеризуется высоким процентным содержанием в торфе коры ольхи, корневищ и корней тростника и меньшим количеством осок. Начало торфообразования на Большом Моховом болоте связано с распространением и развитием на данной территории древесных и древесно-травяных сообществ влажных черноольшаников с тростником и осокой в нижнем ярусе. Эти сообщества вплоть до настоящего времени являются самой распространенной экосистемой в дельтовом ландшафте реки Неман. Принимая во внимание результаты радиоуглеродного датирования (см. табл. 2), можно предположить, что первые слои низинных древесных торфов стали образовываться здесь около 7000 кал. л. н., т.е. в середине атлантического периода. Вероятно, сообщества влажных черноольшаников проникли на данную территорию в более ранний период, но широкое распространение этих экосистем и увеличение их продуктивности было связано с общим потеплением климата и высоким уровнем увлажнения (учитывая близкое расположение морского побережья), что вызвало процесс торфообразования и накопления залежей низинных древесных торфов. Скорость аккумуляции торфа в данный период была высокой – 1,8 мм/год (рис. 2).

Стадия II (*Carex lasiocarpa* + *C. rostrata*) характеризуется высоким процентным содержанием корешков осок, исчезновением коры ольхи, уменьшением, а затем полным исчезновением корневищ тростника. Изменение ботанического состава торфа указывает на процесс выпадения древесного яруса черноольшаников в конце атлантики (6000–5700 кал. л. н.). В начале суббореала на месте данных сообществ началось формирование открытых осоковых и тростниковых займищ (рис. 2). Осоково-тростниковый торф представляет собой прослойку небольшой мощности (0,5 м) между древесным и осоковым торфами и является, таким образом, отражением перехода растительности формировавшегося болота от черноольшаников к осоковым фитоценозам.

В общей залежи Большого Мохового болота торфяные слои травяной группы представлены довольно широко (см. табл. 1, с. 65), основная их особенность – практически полное отсутствие чистого тростникового торфа. Преобладают осоково-тростниковый и осоковый виды торфа, а остатки тростника в большей части проб встречаются в смеси с остатками осок в равном соотношении, хотя в настоящее время монодоминантные тростниковые сообщества имеют значительное распространение на данной территории.

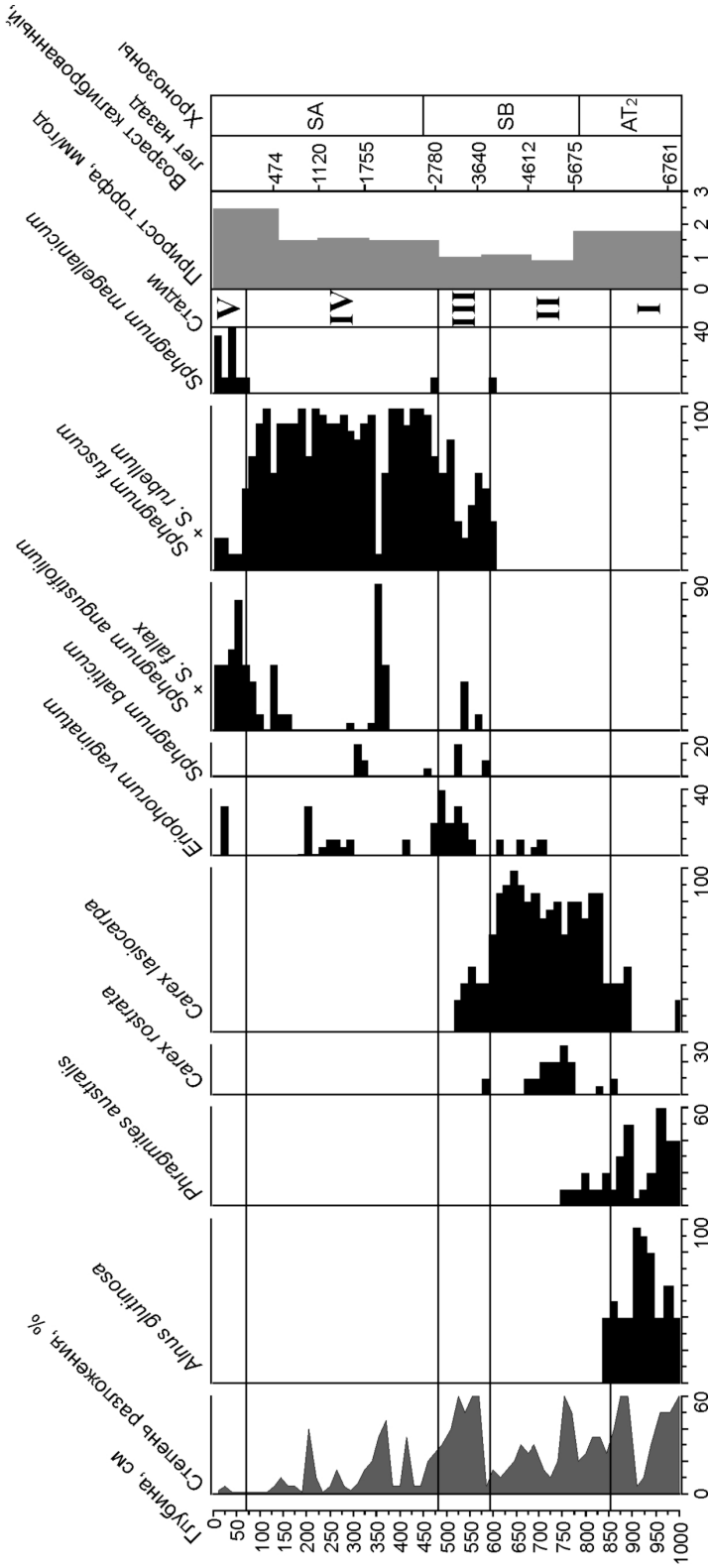


Рис. 2. Ботанический состав торфов и стадии (сукцессии) растительности Большого Мохового болота:

I - влажные черноольшаники: *Alnus* - *Phragmites*; II - осоковое низинное болото: *Carex lasiocarpa* + *C. rostrata*;

III - травяно-сфагновые сообщества переходного болота: *Eriophorum* + *Carex* - *Sphagnum*;

IV - активно растущее верховое болото с кочковато-мочажинными комплексами (КМК): *Sphagnum fuscum* + *S. rubellum*;

V - верховое болото с разнообразием комплексов растительности: *Sphagna* (*magdalenicum* + *rubellum* + *fuscum* + *angustifolium* + *fallax*)



Датировки абсолютного возраста показывают, что накопление торфов травяной группы происходило в конце атлантики и первой половине суббореала и закончилось около 4000 кал. л. н. При этом характерная для суббореала сухость климата [13–15; 17; 18] и, очевидно, связанная с этим более интенсивная минерализация торфа, а также меньшая продуктивность травяных осоковых сообществ по сравнению с древесными и древесно-травяными фитоценозами привели к двукратному снижению общих темпов торфонакопления до 1 мм/год.

Стадия III (*Eriophorum* + *Carex* – *Sphagnum*) характеризуется снижением и исчезновением остатков осок, высоким процентным содержанием волокон пушицы и остатков листьев сфагновых мхов. Такое сочетание макроостатков отражает растительность, характерную для травяно-сфагновых сообществ переходного болота. Основными компонентами переходного осоково-сфагнового торфа являются различные травянистые остатки осоковых: *Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum* в сочетании, а также сопутствующие им части сфагновых мхов верхового болота, в основном – *Sphagnum fuscum*. Накопление переходных торфов, судя по данным радиоуглеродного анализа, происходило всю вторую половину суббореала (4000–2800 кал. л. н.) и закончилось в начале субатлантики. Скорость аккумуляции торфа сохранялась прежней – 1 мм/год.

Стадия IV (*Sphagnum fuscum* + *S. rubellum*) характеризуется высоким процентным содержанием остатков сфагновых мхов, указывает на формирование и развитие активно растущего верхового болота с кочковато-мочажинными комплексами. Верховая залежь Большого Мохового болота сложена в основном разновидностями *fuscum*-торфа, что говорит о формировании данных горизонтов торфа растениями повышенных элементов микрорельефа. Тем не менее самые верхние горизонты торфяной залежи образованы комплексным сфагновым торфом (стадия V), в состав которого входят как сфагны сухих повышений, так и виды, характерные для мочажин, что свидетельствует о существовании более обводненных условий на Большом Моховом болоте и распространении топяных участков в последний период развития болота.

Стадия V – данные радиоуглеродного анализа показывают, что переход экосистемы Большого Мохового болота в верховую стадию произошел в самом конце суббореала, примерно 2800 кал. л. н. Таким образом, нарастание верховой части торфяной залежи происходило в основном на протяжении субатлантического периода. Проникновение и массовое развитие на болоте видов сфагновых мхов, имеющих значительный годовой прирост дернины и, по-видимому, большую устойчивость к минерализации заторфовывающегося сфагнового очёса, способствовали росту темпов накопления торфа, которые составляли в первой половине субатлантики 1,5–1,6 мм/год. В период широкого развития на Большом Моховом болоте мочажин и топяных комплексов, с которыми связано отложение комплексного сфагнового торфа (последние 500 лет), скорость торфонакопления достигла 2,5 мм/год (а возможно, и больше, если учитывать факт усадки торфяника в ходе мелиорации во второй половине XIX в.).



Таким образом, основываясь на результатах анализа ботанического состава торфов Большого Мохового болота и структуры его торфяной залежи, можно утверждать, что смена торфообразующей растительности и, соответственно, формирование различных видов торфов данной экосистемы в целом совпадают со сменой климатических периодов голоцена.

Заключение

Основные этапы формирования экосистемы Большого Мохового болота, по данным анализа макроостатков растений в торфах с учетом их радиоуглеродного датирования, определены следующим образом.

70

1. Вторая половина атлантики, около 7000 кал. л. н. – начало развития экосистемы Большого Мохового болота. В понижениях рельефа на месте будущего дна болотной котловины господствовали влажные сообщества черной ольхи. Затрудненность речного стока из-за расположения территории почти на уровне моря, теплый климат атлантического периода и высокие темпы вегетации высокотравья в нижнем ярусе влажных черноольшаников привели к накоплению органики и началу процесса торфообразования. Скорость аккумуляции торфа составила 1,8 мм/год.

2. Рубеж атлантики и суббореала. Переход от черноольшаников к открытым высокотравным тростниковым и осоковым сообществам. Скорость аккумуляции торфа – 1 мм/год.

3. Первая половина суббореала. Формирование экосистемы низинного болота с господством высокотравных осоковых сообществ разного видового состава и экологии. Преобладают *Carex lasiocarpa* и *C. rostrata*. Скорость аккумуляции торфа – 1 мм/год.

4. Вторая половина суббореала. Повсеместное распространение сообществ переходного болота с участием сфагновых мхов, главным образом – осоково-сфагновых группировок. Начинается развитие фитоценозов верхового болота. Скорость аккумуляции торфа – 1 мм/год.

5. Субатлантика. Быстрое развитие растительных сообществ верхового олиготрофного болота с доминированием *Sphagnum fuscum*. Формируются болотные комплексы кочек и мочажин, но заметно преобладание положительных элементов микрорельефа. Увеличение темпов аккумуляции торфа – до 1,6 мм/год. Торфяное тело Большого Мохового болота приобретает выпуклую форму.

6. Последние столетия субатлантики (500 кал. л. н. – наст. вр.). Широкое развитие и распространение топяных участков и мочажин. Скорость торфонакопления – 2,5 мм/год.

Выявленные за последние 7000 лет сукцессии растительности Большого Мохового болота отчетливо совпадают со сменой климатических периодов голоцена.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149–2018–0012).



Список литературы

1. География Янтарного края России / под ред. В.В. Орленка. Калининград, 2008.
2. Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.; Л., 1959.
3. Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // Арктоа: бриологический журнал 1992. Т.1 (1-2). С. 1-85.
4. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М., 1977.
5. Короткина М.Я. Ботанический анализ торфа // Методы исследования торфяных болот / под ред. М.И. Нейштадт. М., 1939. Ч. 2. С. 5-59.
6. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / под ред. В.Б. Куваева. Тула, 2001.
7. Матюшенко В.П. Определение осок в торфе по корешкам // Методы исследования торфяных болот / под ред. М.И. Нейштадт. М., 1939. Ч. 1. С. 93-102.
8. Матюшенко В.П. Определение древесных остатков в торфе // Методы исследования торфяных болот / под ред. М.И. Нейштадт. М., 1939. Ч. 1. С. 103-115.
9. Минкина Ц.И. Зондирование торфяной залежи, распределение и взятие проб торфа на болоте // Методы исследования торфяных болот / под ред. М.И. Нейштадт. М., 1939. Ч. 1. С. 31-63.
10. Пьявченко Н.И. Степень разложения торфа и методы ее определения. Красноярск, 1963.
11. Тюремнов С.Н. Районирование торфяных месторождений // Торфяные месторождения Западной Сибири. М., 1957. С. 129-142.
12. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995.
13. Galka M., Tobolski K., Zawisza E., Goslar T. Postglacial history of vegetation, human activity and lake-level changes at Jezioro Linówek in northeast Poland, based on multi-proxy data // Vegetation History and Archaeobotany. 2014. Vol. 23. P. 123-152.
14. Lamentowicz M., Obremaska M., Mitchell E.A.D. Autogenic succession, land-use change, and climatic influences on the Holocene development of a kettle-hole mire in Northern Poland // Review of Palaeobotany and Palynology. 2008. Vol. 151. P. 21-40.
15. Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C. et al. Holocene climate variability // Quaternary Research. 2004. Vol. 62 (3). P. 243-255.
16. 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. №4. P. 1869-1887.
17. Stancikaite M., Kabailiene M., Ostrauskas T., Guobyte R. Environment and man around Lakes Duba and Pelesa, SE Lithuania, during the Late Glacial and Holocene // Geological Quarterly. 2002. Vol. 46 (4). P. 391-409.
18. Starkel L. Present-day events and the evaluation of Holocene palaeoclimatic proxy data // Quaternary International. 2011. Vol. 229. P. 2-7

Об авторах

Максим Геннадьевич Напреенко — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Россия.
E-mail: maxnpr@gmail.com

Напреенко-Дорохова Татьяна Владимировна — канд. геогр. наук, науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.
E-mail: tnapdor@gmail.com



The authors

Maxim Napreenko, Ph.D. in biology, Assistant Professor, Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, Russia, 236016.

E-mail: maxnapr@gmail.com

Tatiana Napreenko-Dorokhova, Ph.D. in geology, Research Scientist, Laboratory of Geology, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 36, Nahimovskiy prospekt, Moscow, Russia, 117997.

E-mail: tnapdor@gmail.com