

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ КРУПНОБУГРИСТОГО БОЛОТА В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ИГАРКА В ГОЛОЦЕНЕ**THE HOLOCENE PALAEOECOLOGY OF THE PALSIA MIRE NEAR IGARKA**

*Е.Ю. Новенко^{1,2}, Н.Г. Мазей¹, Д.А. Куприянов¹, С.А. Прокушкин^{3,4},
А.Е. Шатунов¹, С.И. Сериков⁵*

E.Yu. Novenko^{1,2}, N.G. Mazei¹, D.A. Kupriyanov¹, S.A. Prokushkin^{3,4}, A.E. Shatunov¹, S.I. Serikov⁵

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет, Россия, Москва

²Институт географии РАН, Россия, Москва

³Институт леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН, ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия

⁴Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

⁵Игарская геокриологическая лаборатория ИМЗ СО РАН, Игарка, Россия

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

Изменения природной среды в криолитозоне Сибири и ее возможная динамика в условиях меняющегося климата текущего столетия остаются одной из актуальных научных проблем, требующих детальных исследований. Объект исследований в представленной работе – крупнобугристое болото, расположенное в 10 км к северу от города Игарка в Туруханском районе Красноярского края. Территория находится на севере Верхнетазовской провинции Западной Сибири в переходной полосе от лиственничных северотаёжных редкостойных лесов к предтундровым редколесьям.

Исследованное болото представляет собой чередование крупных торфяных бугров и плоских широких ложбин (200-300 м), занятых различными типами мезотрофных болот с березой, лиственницей и елью. Скважина (N 67°31'53,77" E 86°38'05,65") была заложена на вершине торфяного бугра высотой около 5 м, поверхность которого покрыта лишайником, карликовой березкой и багульником.

Отбор образцов торфа выполнен с помощью переносной буровой станции, оснащенной мотобуром колонкового способа бурения. Скважиной вскрыта торфяная залежь и подстилающие ее суглинки общей мощностью 860 см. Глубина сезонно-талого слоя в точке бурения составила 50 см (конец августа 2020 г.). Рядом с торфяным бугром в талой ложбине была заложена дополнительная скважина и отобраны образцы. Мощность торфа в дополнительной скважине – 120 см.

Для разреза торфяного бугра получено 18 AMS-датировок, для разреза дополнительной скважины из ложбины между буграми были получены три AMS-датировки. Радиоуглеродное датирование проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США). Калибровка

радиоуглеродных дат выполнена при помощи программы Calib 8.2 с использованием калибровочной кривой IntCal20. Модель роста отложений построена в программе Bacon [Blaauw, Christen, 2011].

Анализ ботанического состава торфа выполнен согласно методике, разработанной С. Н. Тюремновым [1959]. Интервал отбора образцов составлял 5 см. Анализ содержания макроскопических (размер >125 мкм) частиц угля в торфе проведен по общепринятой методике [Mooney, Tinner, 2011]. Интервал отбора образцов составлял от 0.5 до 3.5 см из-за ломкости и хрупкости керн.

Согласно полученным данным, изучаемое болото начало формироваться около 6200 кал. л. н. (календарных лет назад). Радиоуглеродные датировки, отобранные в торфяной залежи с шагом 50 см, за исключением нескольких инверсий, показывают равномерное увеличение возраста с глубиной (рис. 1). Очевидно, что формирование 8-метровой толщи торфа в течение 6 тысяч лет не отражает истинную скорость торфонакопления в болоте, а является следствием расширения торфа при пучении и формировании шлирового льда при сегрегационном льдообразовании [Bleuten, Lapshina, 2001; Васильчук и др., 2008]. Радиоуглеродная датировка, отобранная нами на глубине 120 см из скважины, расположенной в ложбине между буграми пучения, показала возраст 4150 ± 20 ¹⁴C л. н./ 4690 ± 50 кал. л. н. (IGAN_{AMS} 8353), что соответствует средней скорости накопления торфа за этот период около 0,25 мм/год. Полученная скорость вертикального прироста согласуется с данными Е. Д. Лапшиной и В. Блейтена, которые выявили, что средняя скорость накопления торфа в голоцене на севере лесной зоны Западной Сибири составляла 0,39 мм/год, а в позднем голоцене для талых мочажин эти значения варьируют в пределах 0,13-0,21 мм/год [Bleuten, Lapshina, 2001].

Проведенное исследование позволяет

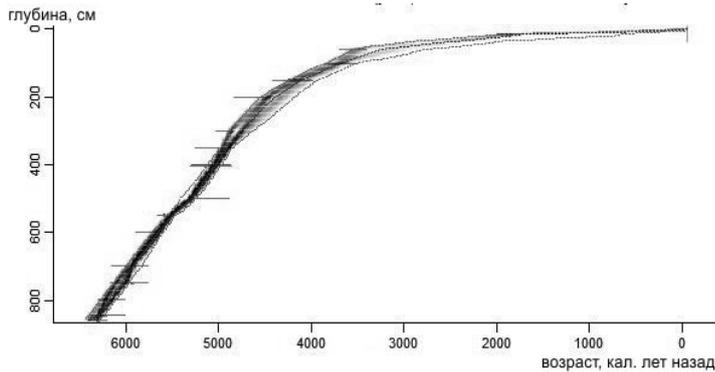


Рис. 1. Модель роста отложений в разрезе мерзлого торфяного бугра болота Игарка

выделить 5 основных фаз развития болота Игарка и формирования торфяного бугра (рис. 2).

В основании торфяной залежи вскрыт горизонт тяжелого суглинка (этап 1, 860–845 см, 6350–6240 кал. л. н.), содержащие остатки древесины *Larix* sp., *Alnus alnobetula* subsp. *fruticosa*, в этом же слое выявлена высокая концентрация макрочастиц угля (от 200 до 700 частиц/см³), что позволяет сделать заключение о заболачивании влажного лиственничника после крупного пожара.

На нижней границе торфа (глубина 845 см) получена датировка 5425 ± 20 ¹⁴C л. н./ 6240 ± 40 кал. л. н. (IGAN_{AMS} 8349). Наиболее близкие к изучаемой территории палеоклиматические реконструкции по палинологическим данным озера Лама на северо-западе плато Путорана в 200 км от района исследований [Andreev et al., 2004] показывают, что начало торфонакопления в изученном нами болоте соответствует временному интервалу, когда температуры достигали максимальных значений в течение всего голоцена.

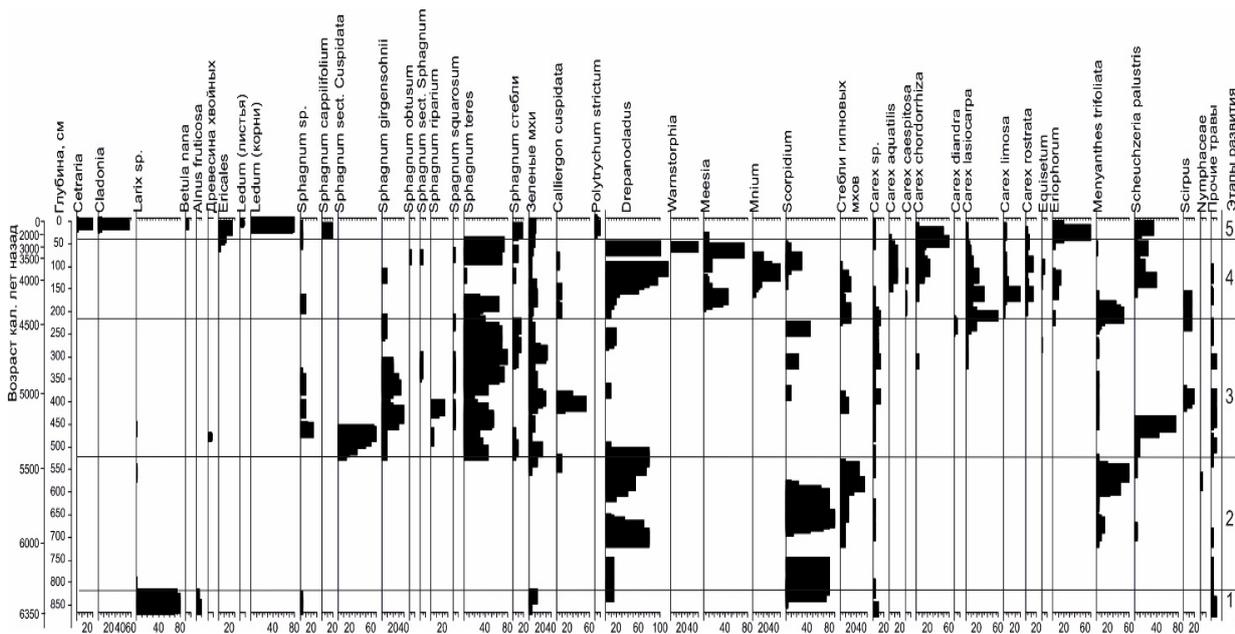


Рис. 2. Ботанический состав торфа разреза мерзлого торфяного бугра из болота Игарка

На ранних стадиях развития болота (этап 2, 845–516 см, 6260–5360 кал. л. н.) накапливался хорошо разложившийся гипновый низинный торф, сложенный остатками мхов *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Moenk., *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs., *Scorpidium scorpioides* (Schimp.) Limpr. с участием остатков *Menyanthes trifoliata* L. и осок. Согласно данным об экологии этих видов, для их роста необходимо избыточное увлажнение, что характерно для первичной субквальной стадии формирования бугра пучения [Васильчук и др., 2008]. Концентрация макрочастиц угля в торфе очень низкая (1–4 частицы/см³), или макроуголь в торфе вообще

отсутствует.

В начале следующего этапа (3а, 510–413 см, 5330–5060 кал. л. н.) условия увлажнения в болотной экосистеме довольно резко изменились, начал накапливаться низинный сфагновый торф средней и низкой степени разложения. Выше него на глубине 413–377 см (этап 3б, 5060–4970 кал. л. н.) залегает хорошо разложившийся травяно-гипновый торф, который снова сменяется низинным сфагновым торфом (этап 3в, 377–220 см, 4970–4465 кал. л. н.). Среди растений-торфообразователей сфагнового торфа преобладает *Sphagnum teres* (Schimp.) Ångstr. (60–80 %), требовательный к

минеральному питанию вид сфагнума. Также присутствуют остатки *Sphagnum girgensohnii* Russow и *Sphagnum squarrosum* Crome. В небольшом количестве отмечены остатки зеленых мхов и трав. Подобная смена условий произрастания растений, вероятно, обусловлена подъемом поверхности болота в результате начавшегося пучения. Накопление этого горизонта торфа связано с промерзанием торфяного массива около 5330 кал. л. н. и переходом экосистемы к стадии молодого бугра. Согласно палеоклиматическим реконструкциям по данным озера Лама [Andreev et al., 2004], начиная с 5200 кал. л. н. в регионе выявлено постепенное похолодание климата и усиление роли тундровых сообществ.

Смена сфагнового торфа травяно-гипновым с преобладанием остатков *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske и *Scirpus* sp. может быть свидетельством частичного проседания поверхности бугра из-за протаивания в интервале 5050–4970 кал. л. н., а затем процесс пучения возобновился.

В течение этапа 4 (220–31 см, 4970–2050 кал. л. н.) накапливались осоково-гипновый и осоково-сфагновый сильно разложившиеся торфа (*Drepanocladus* sp., *Scorpidium scorpioides*, *Sphagnum lasiocarpa* Ehrh., *Carex chondrorhiza* Ehrh. ex L.f., *Carex lasiocarpa* Ehrh., *Carex aquatilis* Wahlenb., *Mnium cinclidioides* Hedw., *Meesia trifaria* Crum, Steere et Anderson). Появление осок указывает на более сухие условия по сравнению с предыдущим этапом. В течение этого этапа болото находилось в низинной стадии развития. Изменение условий увлажнения, индикатором которых являются смены видов торфа, свидетельствует о неравномерном процессе пучения, периодическом протаивании и обводнении поверхности болота и ее промерзании и поднятии, приводившем к смене условий на более сухие.

Переход болота в стадию зрелого бугра маркируется резкой сменой условий увлажнения и минерального питания и появлением остатков *Eriophorum vaginatum* L., *Scheuchzeria palustris* F. Muell. на глубине 31 см (этап 5а, 31–16 см, 2050–1700 кал. л. н.). Формируется переходный

пушицевый торф, соответствующий ранней субазральной фазе развития бугра. Таким образом, в изученном болоте возраст бугра, т. е. момент перехода бугра из субаквальной стадии в субазральную, определен около 2250 кал. л. н. Поднятие бугра происходило на фоне общего похолодания климата в Арктике, начавшегося около 2500 кал. л. н. и прослеженного по многочисленным палинологическим, изотопно-геохимическим и дендрохронологическим данным [Палеоклимат полярных областей..., 2019].

Развитие торфяного бугра в течение субазральной фазы проходило по пути иссушения его поверхности и формирования растительных сообществ из видов, способных переносить сухие условия. Среди остатков отмечены: *Cladonia*, *Cetraria*, *Polytrichum strictum*, *Ledum palustris* L. (этап 5б, 16–0 см, 1700 кал. л. н. – настоящее время). Подобный состав растительности характерен для вершин зрелых торфяных бугров и указывает на сильную деградацию его вершины. Концентрация макрочастиц угля в торфе на глубинах 6–10 см возрастает с 39 до 860 частиц/см³, что является индикатором пожаров как на болоте, так и на окружающей его территории.

Для торфяной залежи рассматриваемого нами болота на глубине 15 см получена датировка 1930±20 ¹⁴C л. н. / 1850±40 кал. л. н. (IGAN_{AMS} 8354), что отражает очень низкие скорости вертикального прироста торфа в течение последних 2 тысяч лет, а также может быть результатом нарушения торфяной залежи и эрозии поверхности торфяного бугра, признаки которых выявлены по данным ботанического анализа торфа. Подобная ситуация типична для бугров пучения болот Западной Сибири [Bleuten, Lapshina, 2001].

Проведенное исследование показало, что зарождение и развитие многолетнемерзлого торфяного бугра, накопление торфа и смена растительных сообществ были обусловлены не только процессами саморазвития болотной экосистемы, но и находились под влиянием климатических изменений в Российской Арктике в течение голоцена.

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

1. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе / ред. С. Н. Тюремнов. Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1959. 90 с.
2. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов. Москва : Изд-во Московского университета, 2008. 571 с.
3. Палеоклимат полярных областей Земли в голоцене / под ред.: Д. Ю. Большакова, С. Р. Веркулича. Санкт-Петербург : АНИИ, 2019. 204 с.
4. Andreev A.A., Tarasov P.E., Klimanov V.A. [et al.] Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taumyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // Quaternary International. 2004. Vol. 122. P. 69–84.
5. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. Vol. 6 (3). P. 457–474.
6. Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands / eds. : W. Bleuten, E. D. Lapshina. Utrecht ; Tomsk, 2001. 172 p.
7. Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // Mires Peat. 2011. Vol. 7. P. 1–18.