

**Реликтовые бугристые мерзлотные торфяники
на южном пределе Восточно-Европейской криолитозоны**

© 2015. А. В. Пастухов, к.г.н., н.с., Д. А. Каверин, к.г.н., с.н.с.,

Н. Н. Гончарова, к.б.н., н.с.,

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

e-mail: alpast@mail.ru

Детально охарактеризована стратиграфия залежей двух реликтовых мерзлотных торфяников, сохранившихся в крайнесеверной тайге европейского Северо-Востока России. С целью выявления генезиса торфяников крайнесеверной тайги была изучена стратиграфия залежей на равнинном и предгорном участках.

Показано, что в настоящее время комплексы мерзлотных торфяников могут иметь схожую морфоскульптуру, однако их генезис может значительно отличаться в зависимости от их геоморфологического положения и гидрологического режима. На предгорном участке формирование болота происходило по схеме развития большинства таёжных верховых болот: от эвтрофных облесённых и безлесных сообществ болотных сообществ через промежуточную стадию к переходному и далее верховому болоту. Смена стадий обусловлена изменением водно-минерального режима по мере накопления и нарастания торфяной массы. Болото на равнинном участке развивалось в относительно постоянных условиях водно-минерального режима.

Ботанический состав исследованных торфяников крайнесеверной тайги указывает на время начала формирования отложений в позднем бореале (BO-2) (8500–8000 л. н.), когда широкое развитие получили болотно-тундровые формации. В тёплый атлантический период (AT) (8000–4600 л. н.) резко активизировались процессы болотообразования, и происходило накопление основной массы торфа. Значительное похолодание климата, начавшееся 2500 л. н., привело к формированию современного облика болот и нивелировало разницу условий водно-минерального режима различных болот. В настоящее время сохранившиеся мерзлотные болота практически прекратили своё развитие, накопление торфа замедлилось или совсем остановилось, идут процессы эрозии и разрушения торфяных бугров.

Stratigraphy of relict permafrost peatlands is characterized in details which conserved in extreme northern taiga of the European Northeast of Russia. In order to identify the genesis of peatlands in extreme northern taiga peat stratigraphy was studied in detail at the plain and foothill key sites.

Current permafrost peat plateau might have a similar morphosculpture, but their genesis may vary significantly depending on their geomorphological position and hydrological regime. At the foothill key site peat plateau formation occurred under the scheme of the majority of taiga upland bogs: from eutrophic afforested and treeless wetland communities through an intermediate stage to the transition and then upland bogs. Change of stages determined due to the change of water-mineral regime with the accumulation and growth of the peat mass. Peatland developed in more or less constant conditions of water-mineral regime at plain key site only.

Botanical composition of the studied peatlands of extreme northern taiga marks the beginning of deposits formation in the late Boreal (BO-2) (8500–8000 BP), when the widely developed swampy tundra formation. In the warm Atlantic period (AT) (8000–4600 BP) the bog processes and the accumulation of the bulk peat sharply intensify. A significant cooling of the climate, which began in 2500 BP, led to the formation of the modern morphosculpture of peat plateaus and offsetting the difference of water-mineral regime of plain and foothill key sites. At the moment preserved permafrost peatlands almost stopped development, peat accumulation slowed or stopped, processes of erosion and destruction of peat mounds take place.

Ключевые слова: торфяные олиготрофные почвы, ботанический состав, криолитозона, стратиграфия залежей.

Keywords: oligotrophic peat soils, botanical composition, cryolithozone, stratigraphy of deposits.

Введение

В торфе законсервированы значительные запасы органического углерода, поэтому торфяной пул играет важную роль в биогеохимическом цикле углерода и процессах изменения климата [1]. Зависимость свойств торфа от условий среды, в которой он формировался, а также изменчивость его состава в

пределах мерзлотных торфяников (торфяных болот) изучены сравнительно слабо. Ботанический состав определяет многие характеристики торфа. Например, осоковый или древесный торф, как правило, в 2–4 раза богаче азотом, чем сфагновый или пушицевый торф [2]. Древесный торф обычно содержит мало целлюлозы и гемицеллюлозы и большое количество лигнина. Поскольку целлюлоза и

гемицеллюлоза легко разлагаются, а лигнин является устойчивым компонентом, доля последнего возрастает по мере разложения торфа, особенно в древесных торфах. Осоковый торф разлагается медленно и слабо. Поэтому целью данного исследования является анализ развития двух мерзлотных торфяников, существующих за пределами распространения современной границы криолитозоны, чтобы выявить зависимость между условиями торфообразования и свойствами торфа на основе ботанического состава торфа.

Объекты и методы исследований

Исследуемая территория расположена между 65°20'–66°15' с. ш. и 59°20'–61°20' в. д. в междуречье рр. Косью – Бол. Кочмес – Лемва – Кожим (рис. 1, цв. вкладка). Район исследований находится в подзоне крайнесеверной тайги, территориально приурочен к центральной части Интинского района Республики Коми. Общая площадь исследуемого участка 4877 км². Большая часть территории представляет собой пологоувалистые моренные равнины Предуралья со сглаженными грядами-мусюрами высотой 50–60 м, сложенными песками и моренными суглинками. Почвообразующими породами почти повсеместно являются четвертичные отложения. Поверхность равнин сложена морскими и ледниковыми суглинками и песчаными отложениями. Все многочисленные реки района – Косью, Кожим, Лемва, Б. и М. Кочмес, Б. и М. Инта являются частью бассейна р. Усы.

Для изучения растительности были выполнены геоботанические описания по общепринятой методике [3]. Идентификацию почв проводили согласно Пояснительной записке [4]. Для понимания генезиса и условий формирования исследованных болот был выполнен анализ торфяной залежи. В торфяных буграх отбор мёрзлых кернов производили при помощи бурения, сезонно-талые горизонты торфа отбирались в мерные цилиндры, в топах – при помощи торфоразведочного бура с пробоотборочным челноком [5]. Отбор производился послойно, через каждые 10–15 см. Ботанический состав и степень разложения торфа определены в лаборатории болотных экосистем ИБ Кар НЦ Н. В. Стойкиной. Иллюстративно-графические материалы отображения послойного строения торфяников выполнены в программной среде «Когри», предназначенной для визуализации данных по ботаническому и химическому составу слоёв торфа [6].

Результаты и обсуждение

На основе полевых исследований, геоинформационного анализа листов Государственной почвенной карты масштаба 1:1000000 и снимков среднего разрешения Landsat 7 (разрешение 30 м) исследована структура почвенного покрова (рис. 1, цв. вкладка). Таёжные почвы характерны для 50% территории исследований, тундровые – 30%, интразональные – около 20%. В таёжных ландшафтах преобладают полугидроморфные типы почв (65%). Наиболее распространёнными типами почв являются торфяно-подзолисто-глеевые и торфянисто-подзолисто-глееватые почвы. Для тундровых ландшафтов характерны бугристые комплексы торфяных мерзлотных почв и торфяных почв мочажин.

В целом, район исследований относится к территории высокой заторфованности (рис. 2, цв. вкладка), что связано с преобладанием слабодренированных массивов в контурах водораздельных и приречных пространств, влажным и холодным климатом. Широкое распространение торфяных болот обусловлено благоприятными условиями торфонакопления в голоцене, присутствием водоупорных суглинистых отложений и многолетней мерзлоты.

Многолетняя мерзлота с мощностью мёрзлых пород в пределах 0–25 м, температурой – 0–0.5°С приурочена, главным образом, к крупнобугристым болотам, тогда как в болотах с относительно плоским мезорельефом не обнаруживается. Мерзлотные крупнобугристые торфяники в равнинной части Интинского района встречаются вплоть до 65°50' с. ш., в то же время на левобережье р. Кожим отсутствуют, уступая место немерзлотным типам болот. В горной части района исследований (Приполярный Урал) южная граница распространения крупнобугристых мерзлотных торфяников проходит по широте 65°15' с. ш., тогда как в торфянисто-глеевых почвах многолетняя мерзлота обнаруживается на широте 65°25' с. ш. в низкогорной тундре.

Исследование криогенного строения верхнего слоя подстилающих торфяных многолетнемёрзлых пород показало наличие массивных, линзовидных и слоистых криогенных текстур. Для верхней части многолетнемёрзлых пород характерно постепенное повышение льдистости. Топаи и мочажинны в лесотундре талые со сквозными таликами.

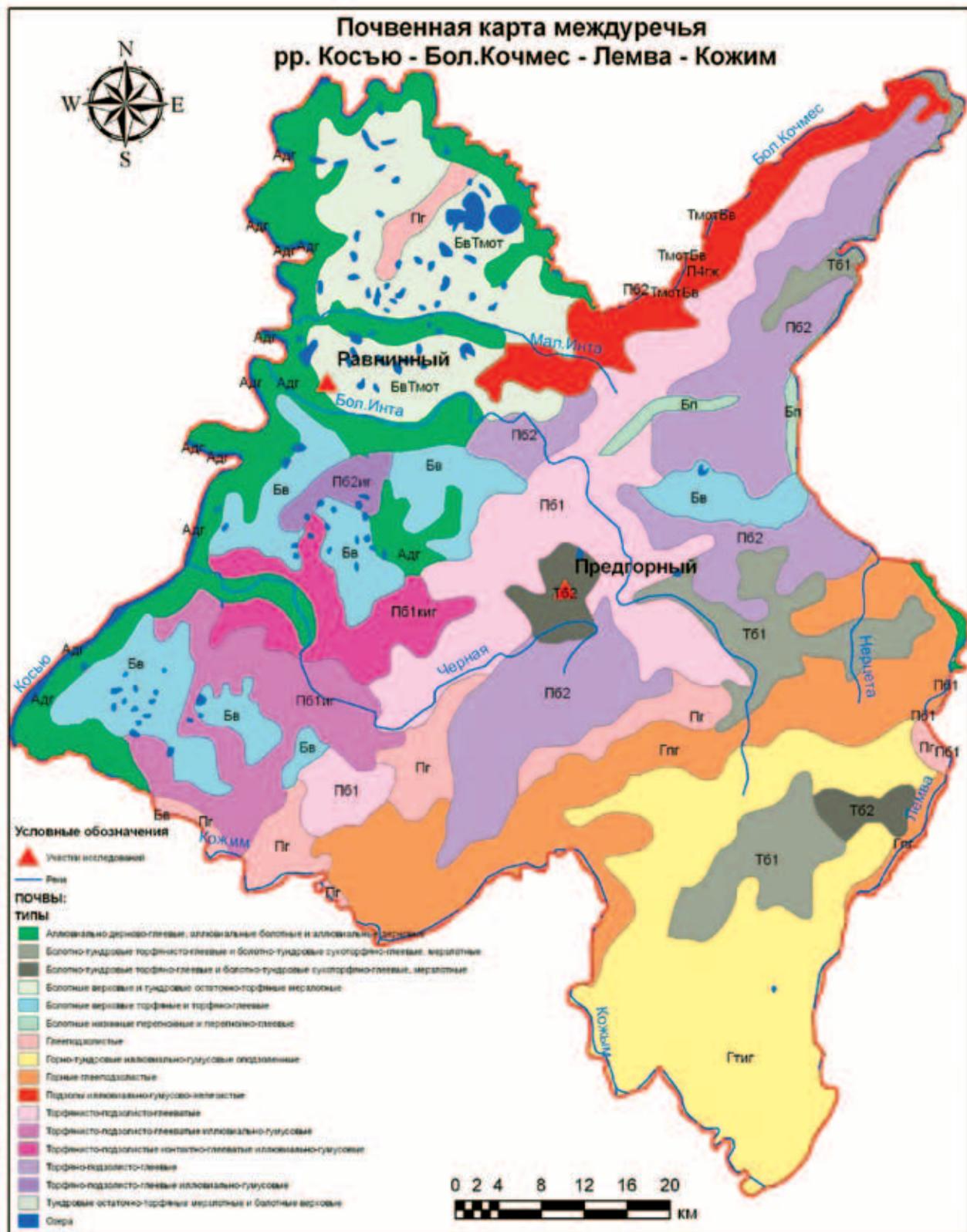


Рис. 1. Почвенная карта междуречья рр. Косью – Кочмес – Лемва – Кожим (центральная часть Интинского района Республики Коми).

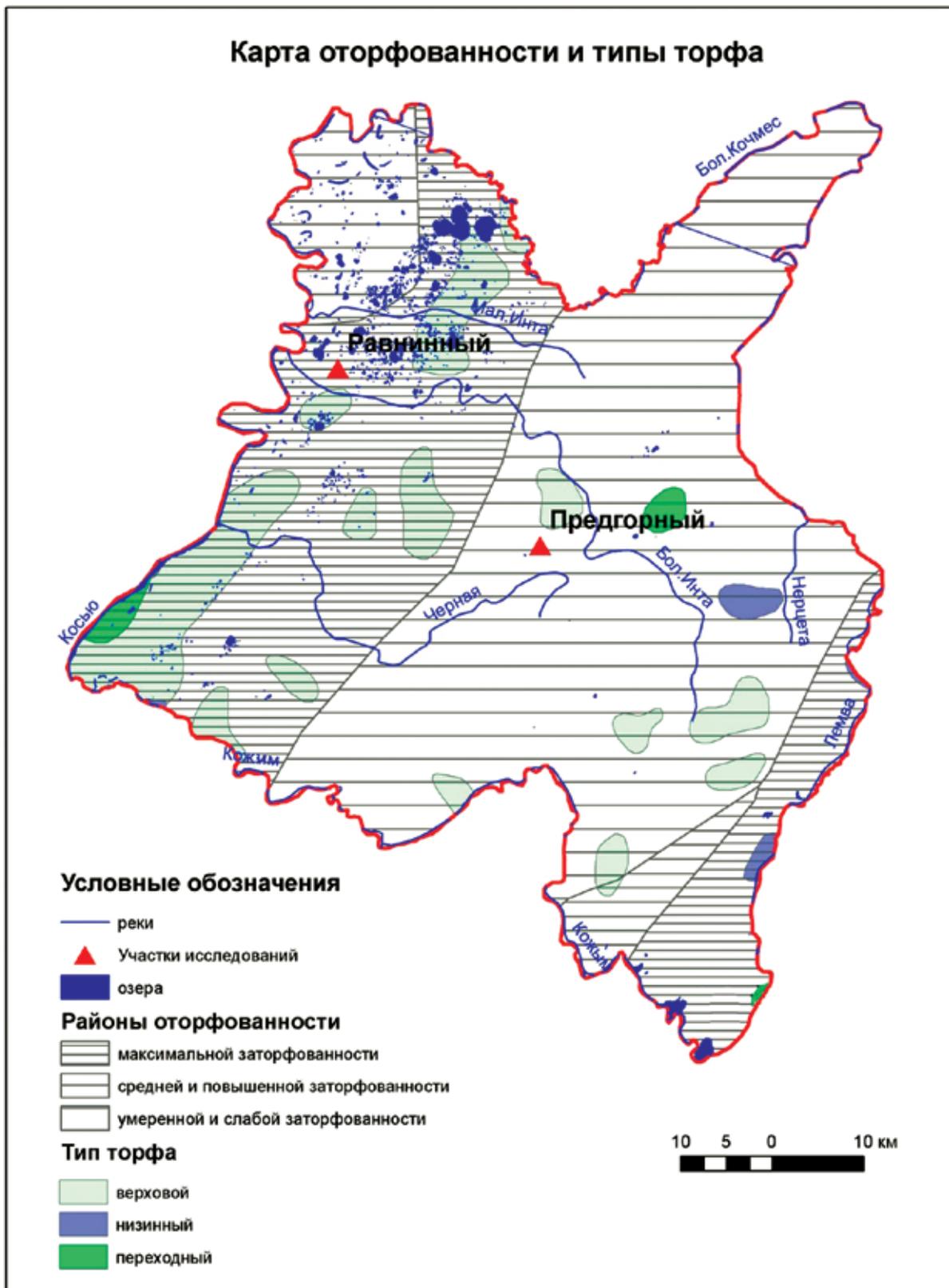


Рис. 2. Карта оторфованности и типов торфа междуречья рр. Косью – Кочмес – Лемва – Кожим (центральная часть Интинского района Республики Коми), составлена на основе Атласа Республики Коми [8].

Характеристика участков исследований

Район исследований охватывает равнинные и предгорные ландшафты, в каждом из которых был выбран ключевой участок:

1. **Предгорный.** Урочище Ниче-Кулицанюр, заболоченный водораздел рр. Чёрная и Бол. Инта. Крупнобугристая комплексная болотная система с кустарничково-лишайниковыми буграми и травяно-сфагновыми обводнёнными понижениями (топиями, мочажинами, озерками). На участке исследовано два разреза.

Разрез Инта 11. 166 м над ур. м. Крупнобугристо-топяной комплекс. Высота торфяных бугров 3–4 м.

Основную часть бугра занимает кустарничково-лишайниковое сообщество (рис. 3). Его слагают карликовая берёза (*Betula nana* L.), багульник (*Ledum palustre* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубика (*V. uliginosum* L.), вороника (*Empetrum hermaphroditum* L.), морозка (*Rubus chamaemorus* L.), зелёные мхи (рр. *Dicranum*, *Polytricum*) и лишайники (преимущественно представители р. *Cladina*). Оголённые торфяные пятна занимают до 3% площади. Сезонная протайка 60 см.

Строение почвенного профиля:

О 0–3 см – светло-коричневая рыхлая кустарничково-мохово-лишайниковая тор-

фянистая подстилка, переплетена корнями, переход чёткий по цвету и структуре.

T₁ 3–70 см – коричнево-бурый сфагновый переходный торф, с 60 см слоистая криотекстура, степень разложения торфа (R) 25%.

T₂ 70–190 см – буро-коричневый льдистый осоково-шейхцериевый переходный торф, слоистая криотекстура, конжеляционный лёд, прослой льда толщиной 1–4 мм. R = 25–30%, в нижней части до 30–35%.

T₃ 190–220 см – тёмно-коричнево-бурый осоковый переходный торф, слоистая криотекстура с элементами линзовидной, слаборазложившиеся фрагменты кустарничков.

T₄ 220–280 см – тёмно-коричнево-бурый вахово-хвощовый низинный торф, слоистая криотекстура с элементами атакситовой, R = 30–35%.

T₅ 280–350 см – коричнево-бурый льдистый хвощовый низинный торф, слоистая криотекстура, R = 30–35%.

D 350–1000 см – сизовато-светло-бурый средний суглинок, массивная и слоистая криотекстура.

Почва: Торфяная олиготрофная почва бугров.

Исследование торфяной залежи показало, что на начальной стадии развития на месте бугра было облесённое сосной (*Pinus sylvestris* L.) мезоэвтрофное травянистое сообщество с



Рис. 3-а. Общий вид растительного покрова.

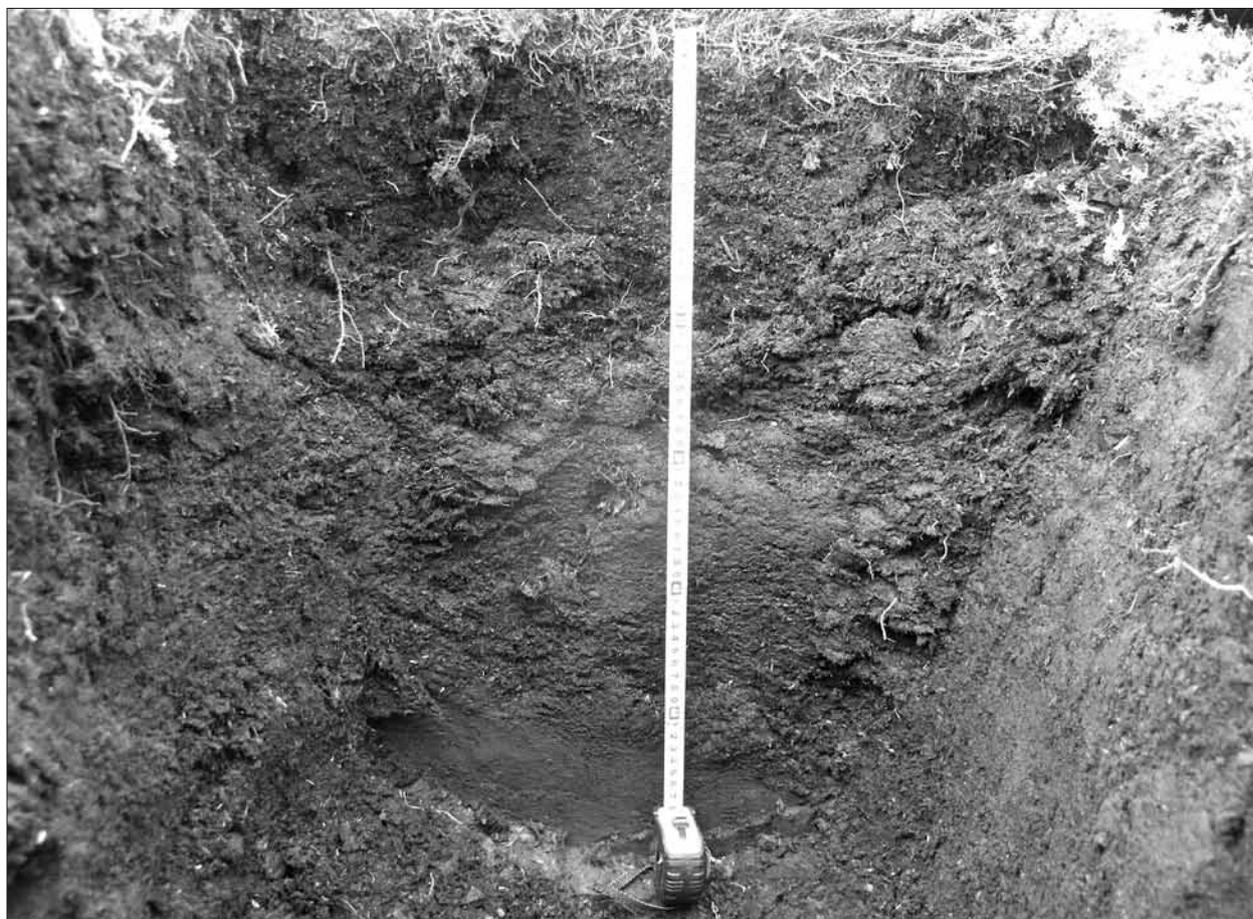


Рис. 3-б. Профиль формирующейся под ним сухоторфяной мерзлотной почвы (справа).

господством хвоща топяного (*Equisetum fluviale* L.), осоки дернистой (*Carex caespitosa* L.), сабельника болотного (*Comarum palustre* L.), также отмечено участие ивовых кустарников (р. *Salix*) и вересковых кустарничков (сем. *Ericaceae*). На следующей стадии в сообществах всё ещё доминируют мезоэвтрофные травы, в них возрастает участие вахты (*Menyanthes trifoliata* L.). При этом появляются сфагновые и бриевые мхи, а также менее требовательные к минеральному питанию травы, например, осока топяная (*Carex limosa* L.) или пушица рыжеватая (*Eriophorum russeolum* Fries). Здесь, как и во всех вышерасположенных слоях залежи, древесные остатки отсутствуют, что указывает на то, что в течение длительного времени болото было открытым. По мере нарастания торфа богатые питательными веществами грунтовые воды становились менее доступными для растений, это привело к смене мезоэвтрофной растительности на олиготрофную (стадии III–V, рис. 4). В торфяной залежи на глубине от 220 до 0 см обильны остатки осоки топяной, шейхцерии болотной (*Scheuchzeria palustris* L.), пушицы рыжеватой и сфагновых мхов. На диаграмме

(рис. 4) отсутствует слой с остатками кустарничков и лишайников, это связано с тем, что в настоящее время бугор подвергается эрозии. Точное время формирования мёрзлого бугра без радиоуглеродных датировок достоверно определить сложно.

2. Равнинный. Заболоченный водораздел рр. Бол. Инта и Мал. Инта. Крупнобугристая болотная система с бугристо-топяными и бугристо-озерковыми комплексами. На буграх распространены кустарничково-лишайниковые, в понижениях травяно-сфагновые растительные сообщества. Выполнено три почвенных разреза.

Разрез Инта 1. 60 м над ур. м. Бугристо-топяной комплекс. Торфяные бугры относительно плоские высотой около 2–3 м, частично покрыты оголёнными торфяными пятнами.

Вершину бугра занимает кустарничково-лишайниковое сообщество (рис. 5), в котором господствуют вересковые кустарнички: багульник, брусника, голубика, вороника, карликовая берёза, морошка, зелёные мхи и лишайники. Торфяные пятна занимают до 10% площади. Глубина сезонного протаивания 35 см.

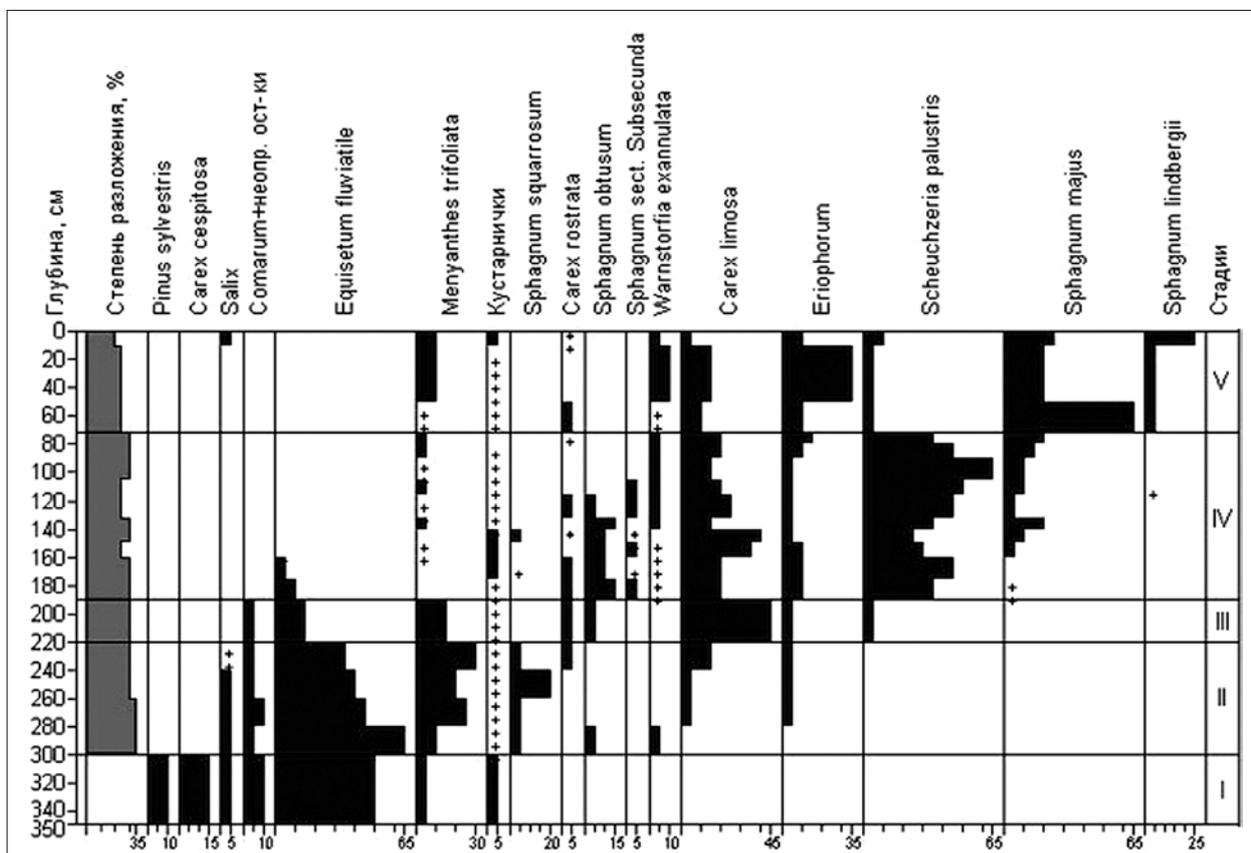


Рис. 4. Ботанический состав торфа предгорного крупнобугристого болота.

Строение почвенного профиля:

00–5 см – желтовато-тёмно-бурая рыхлая сухая кустарничково-мохово-лишайниковая торфянистая подстилка, переплетена корнями, переход чёткий по цвету и структуре.

T₁ 5–25 см – буро-коричневый кустарничковый верховой слоистый торф, R = 15–20% в верхней части, R = 25% – в нижней.

T₂ 25–90 см – тёмно-коричневый осоково-гипновый низинный торф, R = 20–25%, с 45 см – массивная криотекстура.

T₃ 90–140 см – тёмно-коричневый осоковый сильнольдистый низинный торф, атакситовая текстура, крупнозернистый (зёрна 2–3 мм) чистый прозрачный лёд, R = 30–35% до 45–50%.

T₄ 140–170 см – коричнево-бурый древесно-осоковый сильнольдистый низинный торф, атакситовая криотекстура, фрагменты стеблей кустарничков, R = 30–35%.

T₅ 170–190 см – коричнево-бурый сфагновый низинный торф, атакситовая с элементами слоистой криотекстура, R = 25%.

T₆ 190–220 см – тёмно-коричнево-бурый ивово-сфагновый сильнольдистый низинный торф, атакситовая криотекстура, R = 45%.

T₇ 220–250 см – светло-коричнево-бурый сфагновый низинный торф, атакситовая криотекстура, R = 20–25%.

T₈ 250–280 см – светло-коричнево-бурый гипновый низинный торф, прослойки льда толщиной до 3 мм, R = 20–25%.

T₉ 280–300 см – светло-бурый сфагновый низинный торф, в верхней части примесь коричневого гипнового низинного торфа, массивная криотекстура, R = 20–25%.

T₁₀ 300–320 см – светло-коричневый гипновый низинный торф, массивно-слоистая криотекстура, слои льда толщиной до 2 мм, R = 20–25%.

T₁₁ 330–360 см – светло-коричнево-бурый вахтово-гипновый низинный торф, массивно-слоистая криотекстура, слои льда 1–2 мм, R = 25%.

D₁ 360–590 см – сизо-серая супесь, массивная и слоистая криотекстура.

D₂ 590–1000 см – серовато-сизый сильнольдистый суглинок, крупные кристаллы льда.

Почва: Торфяная олиготрофная мерзлотная почва бугров.

Исследованный торфяной бугор сложен, преимущественно, травяно-гипновыми, осоково-гипновыми и травяно-сфагновыми, иногда с примесью карликовой берёзы, торфами (рис. 6). На начальной стадии развития болота на месте бугра было травяно-гипновое



Рис. 5-а. Общий вид растительного покрова.



Рис. 5-б. Профиль формирующейся под ним торфяной олиготрофной мерзлотной почвы (справа).

эвтрофное сообщество с господством гигрофильных видов (*Warnstorfia* sp., *Meesia* sp., вахта и др.). В последующем бриевые мхи сменили сфагны (*Sphagnum obtusum* Warnst., *S. teres* (Schimp.) Angstr. и др.) на достаточно продолжительный период. Также в травяно-кустарничковом ярусе появились мезотрофные кустарники и кустарнички (*Salix* sp., карликовая берёза и представители сем. *Ericaceae*). В более поздний период снова возрастает участие травянистых растений и гипновых мхов. Близкие по составу травяно-гипновые сообщества и травяно-моховые ивняки в настоящее время приурочены к проточным топям вблизи болотных рек и ручьёв. Сухой торф, в составе которого преобладают кустарнички, формирующие кустарничково-лишайниковую растительность бугра, отмечен только в верхнем слое торфяной залежи. Его мощность менее 20 см, что говорит о смене, предположительно в конце суббореального периода (SB-3), климатических условий и наступившем похолодании. Вероятно, за этот период происходило мерзлотное пучение, и сформировался данный бугор.

В регионе среднегодовая температура воздуха в крайнесеверной тайге -4°C , в лесотундре -5°C [8], при этом среднегодовая температура почвогрунтов на $3.5-4.5^{\circ}\text{C}$ выше. Если в восточно-европейской лесотундре

и тундре образование наиболее древних и крупных торфяных залежей началось ещё в пребореальный период (VPB) (10300–9300 л. н.) [9], то ботанический состав исследованных торфяников крайнесеверной тайги позволяет предположить время начала формирования отложений поздним бореалом (BO-2) (8500–8000 л. н.), когда широкое развитие получили болотно-тундровые формации. В атлантический период (AT) (8000–4600 л. н.) резко активизировались процессы болотообразования. Климат был теплее современного на $3-4^{\circ}\text{C}$, сумма осадков на $50-75$ мм выше [10]. По-видимому, именно в этот период произошло накопление основной массы торфа. Первоначально торф накапливался в немерзлых болотах, покрытых древесными растениями, осоками и мхами. В это время региональные климатические условия были теплее, и граница леса доходила до побережья [11].

Во время значительного среднего суббореального потепления (SB-2, 4300-3200 л. н. соответствует стадии VI на равнинном участке и стадии V на предгорном участке) открытые площади были заняты травянисто-осоковыми ассоциациями. Большое участие сфагнума и растений, предпочитающих обводнённые участки обитания, указывает на большую увлажнённость территории.

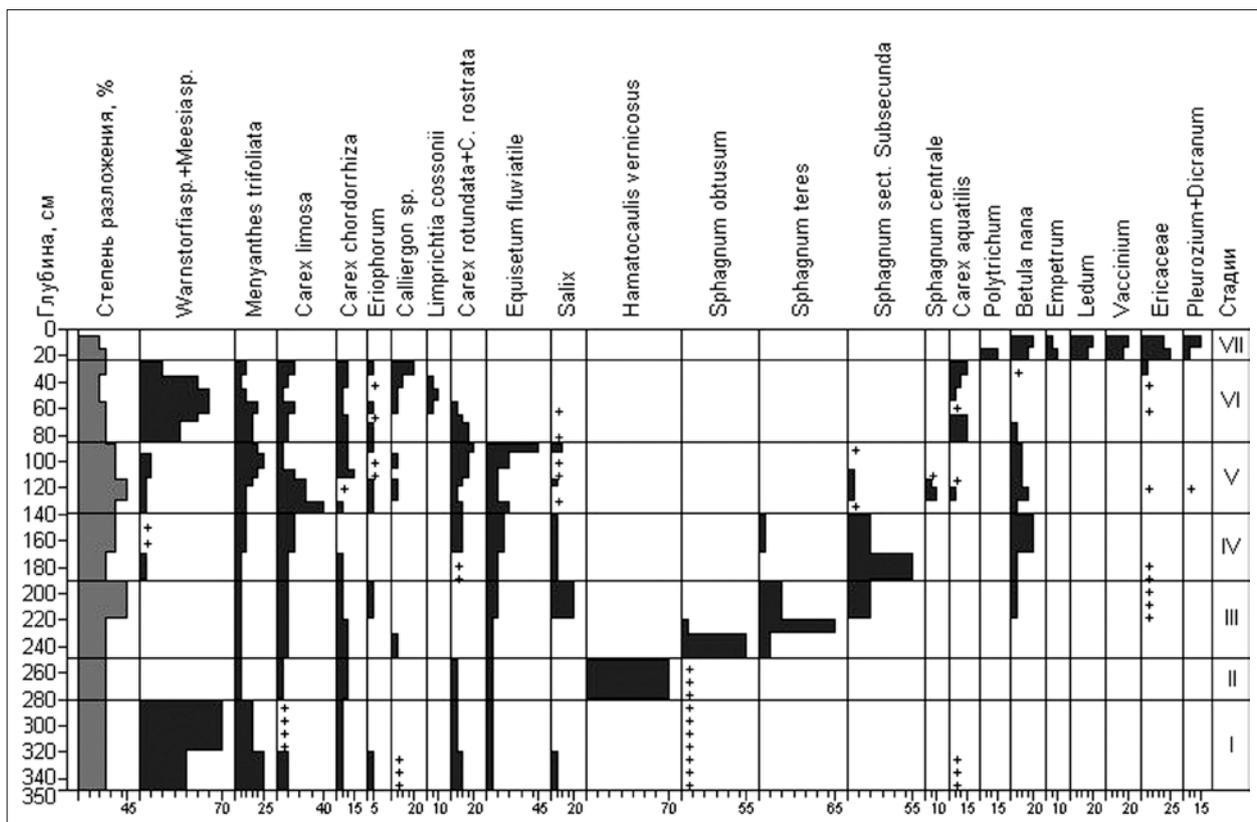


Рис. 6. Ботанический состав торфа равнинного крупнобугристого болота.

Современный этап (SB-3/SA-1–SA-R, 2500 л. н. – настоящее время, соответствует стадии VII на равнинном участке, отсутствует на предгорном участке, т. к., по всей видимости, была эродирована) отражает последовавшее похолодание, которое привело к господству группировок из карликовой берёзы, вересковых кустарничков и лишайников. В лесотундре около 2500 л. н. началась аградация многолетней мерзлоты, что проявилось в виде мерзлотного пучения и резкого снижения торфонакопления из-за сухих условий поднятой поверхности торфа [9]. Произошло формирование мёрзлых торфяников современной морфоскульптуры.

Заключение

С целью выявления генезиса торфяников крайнесеверной тайги была детально изучена стратиграфия залежей. Несмотря на то, что в настоящее время морфологический облик торфяников сходен, их стратиграфические колонки указывают на различные пути развития болот предгорного и равнинного участков. В первом случае формирование болота происходило по схеме развития большинства таёжных верховых болот: от эвтрофных облесённых и безлесных сообществ болотных сообществ через промежуточную стадию к переходному и далее верховому болоту. Смена стадий обусловлена изменением водно-минерального режима по мере накопления и нарастания торфяной массы. Болото равнинного участка развивалось в более-менее постоянных условиях водно-минерального режима. Значительное похолодание климата, начавшееся около 2500 л. н., привело к формированию современного облика болот и нивелировало разницу условий водно-минерального режима различных болот.

Таким образом, основные различия в структуре почвенного покрова бугристомочажинных болот крайнесеверной тайги на крупномасштабном уровне определяются условиями их формирования – обводнённостью и трофностью.

Сохранившиеся на южном пределе криолитозоны до настоящего времени мерзлотные бугристые торфяники являются уникальными образованиями. К настоящему моменту они практически прекратили своё развитие, торфонакопление замедлилось или совсем остановилось, идут процессы эрозии и разру-

шения торфяных бугров. Учитывая тенденции изменения климата и современные процессы разрушения мерзлотных бугров, относительная доля мерзлотных почв в будущем будет постепенно и медленно уменьшаться.

Работа выполнена в рамках проектов РФФИ 14-05-31111.мол_а «Многолетне-мёрзлые торфяники Большеземельской тундры: экологическое состояние почвенно-мерзлотного комплекса при климатическом потеплении в 21 веке», ПРООН ГЭФ 00059042.

Литература

1. Borgmark A. Holocene climate variability and periodicities in south-central Sweden, as interpreted from peat humification analysis // *Holocene*, 2005. V. 15. № 3. P. 387-395. doi: 10.1191/0959683605hl816rp.
2. Lucas R.E. Organic soils (Histosols). Formation, distribution, physical and chemical properties and management for crop production. Michigan State University, Research Report № 435. (Farm Science).
3. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: ЛГУ, 1964. 447 с.
4. Пояснительная записка к листу Q-41 (Воркута) // Государственная почвенная карта России. Масштаб 1 : 1000000. Сыктывкар, 2011. 76 с.
5. ГОСТ 17644-83 Торф. Методы отбора проб из залежи и обработки их для лабораторных испытаний. М.: Издательство стандартов, 1983. 14 с.
6. Кутенков С.А. Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «Kogri» // Труды Карельского научного центра РАН. № 6. 2013. С. 171–176.
7. Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. 448 с.
8. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / Под ред. А. И. Таскаева. М.: ДиК, Дрофа, 1997. 116 с.
9. Routh J., Hugelius G., Kuhry P., Filley T., Tillman P.K., Becher M., Crill P. Multi-proxy study of soil organic matter dynamics in permafrost peat deposits reveal vulnerability to climate change in the European Russian Arctic // *Chemical Geology*. 2014. V. 368. P. 104–117.
10. Климанов В.А. Меридиональное изменение гидротермического режима на Русской равнине в голоцене // Изучение озёрно-болотных формаций в целях палеогеографических реконструкций. Таллинн: РИСО АН ЭССР, 1986. С. 68–70.
11. Андреичева Л.Н., Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И. Развитие природной среды и климата в голоцене на севере Европейской России. Сыктывкар: Геопринт, 2007. 27 с.