

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 571.51+551.481.2

### МЕРЗЛОТНО-БУГРИСТЫЕ БОЛОТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Л. В. Карпенко

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: karp@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 19.07.2023 г.

Изложены результаты исследования двух мерзлотно-бугристых болотных комплексов, расположенных в долине р. Черная, правобережного притока р. Енисей (окрестности г. Игарка). В их числе крупно- и плоскобугристый торфяники разного возраста, генезиса и стадий развития. Охарактеризован современный растительный покров комплексов, дано детальное морфоструктурное описание торфяных профилей, выполнен ботанический анализ и определены степени разложения, зольности и влажности торфа. Мощность залежи крупнобугристого торфяника 4.0 м, примерный возраст – 8 тыс. лет назад. В процессе своего формирования он претерпел шесть стадий смен, из которых первой была лесная. Торфяная залежь отнесена к лесотопяному и топяному подтипам. Основными торфообразователями снизу вверх по профилю последовательно были евтрофные гипновые мхи (*Hypnales* W. R. Buck et Vitt), осоки (*Carex* L.), хвощи (*Equisetum* L.) и олиготрофные сфагновые мхи (*Sphagnopsida* Ochyra). Плоскобугристый торфяник мощностью 1.3 м и возрастом около 3 тыс. лет в своем развитии прошел две стадии смен растительности, из которых первая – лесная. По всей его глубине зафиксированы льдистые прослойки. Смены растительного покрова бугристых торфяников происходили как в результате прямого воздействия изменения регионального климата в голоцене, так и косвенного – по причине появления постоянной многолетней мерзлоты в торфяниках, пучения бугров и последующего их протаивания. Появление пятен обнаженного торфа и формирование мощного лишайникового покрова на дневной поверхности крупнобугристого торфяника свидетельствуют о существенном замедлении процесса торфообразования. Плоскобугристые торфяники района исследований находятся в состоянии частичной деградации и активизации процесса торфонакопления.

**Ключевые слова:** бугры пучения, макроморфологическое строение, стратиграфия, растения-торфообразователи, виды торфа, голоцен, реконструкция, стадии.

DOI: 10.15372/SJFS20240201

#### ВВЕДЕНИЕ

Бугристые торфяники – уникальные образования северной тайги, лесотундры и тундры Красноярского края. Они образуют достаточно обширную болотную зону (примерно 61–69° с. ш.) и широко распространены в Норило-Пясинском озерно-болотном бассейне (окрестности оз. Лама, рек Норильская, Рыбная, Большой Авам и др.), а также южнее – в долине р. Хантайки, на междуречье Подкаменной и Нижней Тунгусок, в окрестностях Дудинки и Игарки. Плоско- и крупнобугристые торфяники

криолитозоны Средней Сибири начали изучать еще в 30-х годах прошлого столетия (Шумилова, 1931; Кузнецов, 1932; и др.). Позже их исследованием занимались С. П. Ефремов, Н. И. Пьявченко (1964), Н. С. Шевелева, Л. С. Хомичевская (1967), Ж. М. Белорусова с соавт. (1987), Т. Н. Мельниченко (2004) и др.

О буграх пучения в долине р. Хантайка и окрестностях г. Игарка ранее сообщали В. И. Орлов (1962), Г. С. Константинова (1963), Н. С. Шевелева, Л. С. Хомичевская (1967), В. Л. Кошкарова с соавт. (1975), Ю. И. Прейс (2004), Е. Ю. Новенко с соавт. (2021). Авторы

отмечали, что образованию и длительному сохранению мерзлоты в подзонах лесотундры и северной тайги способствуют такие природные факторы, как низкие среднегодовые температуры, большая продолжительность зимнего периода, малая мощность снежного покрова, короткое и прохладное лето и др. Здесь широко распространено такое явление, как пучение грунтов, интенсивность которого определяется количеством влаги, мигрировавшей в зону промерзания, и скоростью промерзания. Многолетняя мерзлота формирует криогенные формы рельефа, к которым относятся торфяные бугры пучения – крупно- и плоскобугристые разности (Мельниченко, 2004; Васильчук и др., 2013). Согласно Н. И. Пьявченко (1955), возникновение бугристых торфяников связано с колебаниями климата голоцена, «которые в его начале способствовали торфонакоплению при отсутствии вечной мерзлоты, затем вызвали ее образование, далее обусловили развитие водно-эрозионных процессов, приведших к изменениям в прежнем рельефе, и в последнее время вызывают деградацию мерзлоты и отступление ее границы к северу» (с. 210). Общими признаками для поверхности этих бугров являются сухость почвы, морозобойная трещиноватость и дефляция, бедная в видовом отношении растительность, представленная в основном мохово-лишайниковыми видами. Мощность торфа в буграх пучения варьирует от 2.0 до 8.0 м. Под торфом находится мерзлое минеральное основание, образованное суглинками или супесями. В профиле плоскобугристого торфяника неоднократно встречены линзы льда.

Несмотря на то что исследования бугристых торфяников на севере Приенисейской Сибири начались давно, их изученность все еще остается слабой. Цель наших исследований – комплексное изучение современного растительного покрова и морфоструктурного строения двух мерзлотно-бугристых болотных комплексов, расположенных на второй надпойменной террасе р. Черная (окрестности г. Игарка), находящихся на разных стадиях развития. Задачами работы были детальное описание растительности болотных комплексов и макроморфологического строения профиля мерзлых бугров пучения; выявление методом ботанического анализа торфа стратиграфии и основных растений-торфообразователей мерзлых торфяников; определение некоторых физико-химических свойств торфа; реконструкция генезиса и стадий их развития.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований расположен в 9 км на юго-восток от г. Игарка и находится в низовьях р. Черная – правобережного притока р. Енисей. Географические координаты – 67°24' с. ш., 86°45' в. д. В геоморфологическом отношении он представляет собой плосковолнистую аккумулятивную равнину водно-ледникового генезиса, подверженную устойчивой отрицательной неотектонике (Калашников, 1994). Слабопокатая поверхность равнины в целом ориентирована к юго-западу от южной оконечности Хантайского водохранилища к р. Енисей. Многолетняя мерзлота залегает на глубине менее 0.5 м, поэтому здесь широко развит почвенный криогенез. Внешне он проявляется в характерных бугристых микро- и наноформах рельефа, которые представлены как на болотах, так и на суходолах.

Почвообразующими породами являются суглинки и глины, что в сочетании с малыми уклонами (0–1°) затрудняет дренирование поверхности и способствует широкому развитию заболачивания. В ботанико-географическом отношении участок исследования расположен на контакте подзон северной тайги и лесотундры. Основные компоненты ландшафта – тундры, леса, болота и озера, представленные в различных сочетаниях. Главные лесообразователи – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), в примеси – сосна сибирская кедровая (*Pinus sibirica* Du Tour). Как сопутствующая порода широко распространена береза повислая (*Betula pendula* Roth). Сырые плосковогнутые тыловые участки речных террас с уклонами менее 1° заняты мерзлотно-бугристыми болотными комплексами и лесными рединами (зачастую также мерзлотно-бугристыми) (рис. 1).

Площадь болот на территории района исследований местами достигает 30 %. Объектами исследований были два типа мерзлотно-бугристых болотных комплексов, расположенных в сходных топографических условиях на второй надпойменной террасе р. Черная. Первый тип описан нами в ее правобережной части и состоит из крупнобугристого торфяника, который образует берег озера с его восточной стороны, из мокрых западин и микроложбин между буграми и термокарстового озера с открытой водной поверхностью. Второй тип – на левобережной



Рис. 1. Мерзлотно-бугристые болотные комплексы в долине р. Черная.

части террасы, который представлен молодым плоскобугристым болотным комплексом, состоящим из мерзлых плоских бугров с небольшой мощностью торфа, микроложбин между ними и термокарстовых микрозападин со вторичными озерками.

Древний бугор пучения в составе первого типа мерзлотно-бугристого комплекса возвышается над зеркалом водной поверхности озера на 4 м.

Разрез торфа был заложен в стенке берегового обнажения путем ее зачистки лопатой и ножом вглубь на 20 см с целью исключения загрязнения извлекаемого образца деградированным торфом, сползающим кусками с вершины бугра. Проведены макроморфологическое описание его профиля, затем – отбор образцов торфа на ботанический анализ, зольность и влажность. Интервал отбора был разным в зависимости от морфологических признаков торфяного пласта (цвета, плотности сложения, пористости, влажности и т. д.).

Мощность торфяной залежи в плоских буграх (второй тип мерзлотно-бугристого комплекса) варьирует от 1.0 до 2.5 м. В одном из таких бугров, окружающих сплошным кольцом небольшое термокарстовое озерко, заросшее сплавной, путем зачистки лопатой стенки берега были взяты образцы торфа с интервалом 0.25 м, кроме этого ручным буром системы Гиллера – образцы торфа из заросшего сплавной термокарстового озера с глубин 0.25, 0.5, 2.25 и 2.5 м.

В интервале колонки 0.5–2.0 м находится прослойка воды мощностью 1.5 м. Всего для анализов отобрано 35 образцов торфа.

Определение ботанического состава и физико-химических свойств торфа выполнено в соответствии с методиками, применяемыми в болотоведении. Для идентификации сфагновых и гипновых мхов, а также растительных остатков, образующих волокно торфа, применялись определители мхов и атласы растительных остатков, встречаемых в торфе (Домбровская и др., 1959; Кац и др., 1977). Латинские названия высших сосудистых растений даны по сводке С. К. Черепанова (1995), классификация видов торфа и видов строения торфяных залежей – по «Классификации растительного покрова и видов торфа...» (1975).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Растительный покров мерзлотно-бугристых болотных комплексов.** Крупнобугристый мерзлотно-болотный комплекс охарактеризован на правобережной части надпойменной террасы р. Черная). Микрорельеф представлен крупными мерзлыми буграми высотой до 2.5–3.0 м, которые чередуются с мокрыми межбугровыми западинами, микроложбинами и термокарстовыми озерами. Мощность торфяной залежи бугристых торфяников, зафиксированная на бе-





**Рис. 2.** Общий вид берегового обнажения крупнобугристого торфяника на восточной стороне термокарстового озера.

реговых обнажениях озер, составляет от 0.5 до 4.0 м (рис. 2).

Поверхность бугров покрыта морозобойными трещинами, вследствие чего проявляется резко дифференцированный нанорельеф. По вершинам положительных элементов микрорельефа рассеяны пятна обнаженного деградированного торфа, на долю которых приходится до 5 % площади. Растительность в целом носит тундровый облик и представлена травяно-кустарничковыми и мохово-лишайниковыми группировками.

Покрытие бугров пучения травяно-кустарничковым ярусом составляет 85 %. Доминируют береза карликовая (*Betula nana* L.) с покрытием 50–60 %, багульник болотный (*Ledum palustre* L.) – 35 % и кассандра болотная (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench) – 30 %. Менее обильно представлены шикша черная (*Empetrum nigrum* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.). Мохово-лишайниковый ярус имеет 95 % покрытия и сложен содоминирующими зелеными лесными мхами: плевроциумом Шребера (*Pleurozium schreberi* Brid. Mitt.), политрихом сжатым (*Polytrichum strictum* Brid.) и кустистыми лишайниками: кладонией звездчатой

(*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda), к. оленьей (*C. rangiferina* (L.) F. H. Wigg.), к. темномясной (*C. amaurocraea* (Flörke) Schaer.), к. мрачной (*C. stygia* (Fr.) Ruoss), цетрарией исландской (*Cetraria islandica* (L.) Ach.), флавоцетрарией клубочковой (*Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt et A. Thell syn. *Cetraria cucullata* (Bellardi) Ach.). В примеси к ним встречается олиготрофный мох – сфагнум бурый (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr.).

Термокарстовые микроложбины, разделяющие мерзлые бугры, значительно увлажнены. Верхний ярус растительности формирует карликовая береза, достигающая высоты 0.7 м. Под ее несомкнутым пологом обильны кустарнички – черника (*Vaccinium myrtillus* L.), шикша черная, а также осоки вздутая (*Carex rostrata* Stokes) и топяная (*C. limosa* L.), пушица рыжеватая (*Eriophorum russeolum* Fries.), морощка (*Rubus chamaemorus* L.) В моховом ярусе доминируют сфагнум красноватый (*Sphagnum rubellum* Wils.), с. Линдберга (*Sph. lindbergii* Schimp.) и с. береговой (*Sph. riparium* Aongstr.), реже отмечены с. узколистный (*Sph. angustifolium* (Russ.) C. Jens.) и с. балтийский (*Sph. balticum* (Russ.) C. Jens.). В примеси – зеленые мхи: плевроциум Шребера и политрихум сжатый.

Мокрые термокарстовые микрозападины между буграми представляют собой очаги возобновления торфонакопления, которое протекает по низинному или переходному типам. Кустарничковый ярус образуют карликовая береза и багульник болотный. Моховой покров сложен сфагнумом оттопоренным (*Sph. squarrosum* Crome.), с. Гиргензона (*Sph. girgensohnii* Russ.), с. гладким (*Sph. teres* Aongstr.) и зелеными мхами родов дрепанокладус (*Drepanocladus* (Müll. Hal.) G. Roth), каллиэргон (*Calliergon* (Sull.) Kindb.) и аулакомний (*Aulacomnium* Schwägr.) с примесью кустистых лишайников.

Термокарстовое озеро с открытой водной поверхностью, восточный берег которого образован мерзлым торфяным бугром, занимает площадь примерно 200 × 150 м. Периферийный участок озера оконтуривает зыбкая вахтово-пушицево-зеленомошная сплавина (рис. 3).

Доминантом растительности в сплавине является вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), которая своими переплетенными корневищами создает физический субстрат для поселения других видов болотной растительности (кустарничков, осок, пушицы, гипновых и сфагновых мхов и др.) и способствует дальнейшему разрастанию сплавины.





**Рис. 3.** Вахтово-пушицево-зеленомошная сплавина термокарстового озера на правобережной террасе р. Черная.



**Рис. 4.** Плоские бугры пучения, окружающие заросшее термокарстовое озеро на левой надпойменной террасе р. Черная.

На левобережной части второй надпойменной террасы р. Черная преобладают более молодые по возрасту плоскобугристые болотные комплексы, состоящие из обсохших и растрескавшихся уплотненных бугров, сухих микрозападин между ними и обводненных термокарстовых микроочагин со вторичными озерами,

поверхность которых покрыта мощной сплавинной (рис. 4).

Превышение криогенных бугров над уровнем микрозападин составляет 2.0–2.5 м. Их протяженность варьирует от 50 до 150 м в длину и от 3.0 до 50.0 м в поперечнике. По краям бугров наблюдаются оползни и обвалы торфа. Поло-

жительные микроформы поверхности комплекса – уплощенные мерзлые бугры, неравномерно поросли кустарником в составе ивы филиколистной (*Salix phylicifolia* L.) – 10 % покрытия и березы тощей (*Betula exilis* Sukacz.) – 25 %.

Нижние ярусы растительности представлены кустарничково-мохово-лишайниковой группировкой. Характерные представители – багульник болотный высотой 40–50 см с покрытием 65 %, морошка – 25 %, шикша черная – 10 %, голубика – 20–25 %, осока шаровидная (*Carex globularis* L.) – 20 %, клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr.) – 25 %. Реже встречается вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica* (Wahlenb.) C. Hartm.). Моховой покров на 95 % образован сфагнумом бурый. В примеси отмечены сфагнум красноватый и плевроциум Шребера.

Растительность межбугровых западин представлена брусникой (25 % проективного покрытия) и лишайниковой группировкой в составе кладонии звездчатой (85 %) и к. мрачной (15 %), флавоцетрарией клубучковой, цетрарией исландской – менее 5 %. Изредка встречается кладония темно-мясная.

Обводненные термокарстовые микроочажины (в среднем 1.5 × 1.0 м) заняты пушицево-травяно-сфагнуовой группировкой растительности, в которой высота травяного яруса составляет 25–35 см. Она образована осокой вздутой – 7 % покрытия, пушицами рыжеватой и средней (*Eriophorum medium* (Trin.) Anders.) – 2.5–3.0 %, пухоносом альпийским (*Baethryon alpinum* (L.) T. V. Egorova) – 10 %. Изредка встречается осока пузырчатая (*Carex vesicaria* L.). Моховой покров сложен сфагнумами узколистным (90 % покрытия), в примеси – береговым и балтийским (менее 10 % покрытия).

Термокарстовые озера, как правило, заросшие плотной сплавиной из пушицы рыжеватой и гидрофильных сфагновых и гипновых (*Hypnales* W. R. Buck et Vitt) мхов, представляют собой очаги возобновления торфонакопления, которое протекает частично по низинному, частично по переходному типам. Борты озер местами завалены оттаявшим и обрушившимся со склонов мерзлых бугров торфом. По профилю сплавины в направлении от окраины озера к центру прослеживается экологический ряд микрогруппировок: кустарничково-сфагновая – осоково-гипновая – пушицево-сфагновая, индицирующий последовательные стадии развития болотообразовательного процесса.

**Морфологическое строение бугров пучения.** Залежь берегового обнажения крупнобугристого торфяника имеет следующее морфологическое строение.

0–3 см.	Дернина кустарничково-мохово-лишайниковая, сухая.
3–27 см.	Торф рыжего цвета, видны остатки веточек и корней кустарничков, свежий, степень разложения – 10 %.
27–36 см.	Торф буровато-коричневый, заметны остатки древовидной березы, веточки и корни кустарничков, сильнослоистый, плотный, влажный, степень разложения 10–15 %.
36–44 см.	Торф рыжего цвета, видны остатки карликовой березы и сфагновых мхов, слоистый, менее плотный, чем предыдущий, влажный, степень разложения около 15 %.
44–55 см.	Торф темно-коричневый, остатки сфагнума и корешков кустарничков, слабовлажный, степень разложения – 15–20 %.
55–65 см.	Торф темно-коричневый, обилие мелких и средних древесных остатков (березы), суше предыдущего, сильно крошится, степень разложения ~ 20 %.
65–75 см.	Торф коричневого цвета, видна хорошо разложившаяся кора березы, слабослоистый, влажнее предыдущего, степень разложения ~ 25 %.
75–80 см.	Торф темно-коричневого цвета, обилие мелких и средних древесных остатков, влажный, степень разложения ~ 25–30 %.
80–100 см.	Торф черного цвета, сильно гумифицирован, растительные остатки трудноразличимы, обилие крупных кусков древесины лиственницы, влажный, рыхлый, степень разложения ~ 30–35 %.
100–130 см.	Торф коричневого цвета, обилие пленок хвоща, остатки гипновых мхов, сильно спрессован, листоватый, влажный, степень разложения ~ 30–35 %.
130–150 см.	То же
150–170 см.	Торф темно-коричневый, обилие пленок хвоща, слабослоистый, сырой, среднеплотный, степень разложения ~ 30–35 %.
170–200 см.	Торф темно-коричневый, почти черный, видна кора древовидной березы и гипновых мхов, влажный, слаболистоватый, степень разложения ~ 40 %.
200–225 см.	Торф черного цвета, войлокообразный, сильно гумифицирован, сырой, мажется, степень разложения ~ 40–45 %.
225–250 см.	Торф черного цвета, сильно гумифицирован, сырой, мажется, степень разложения ~ 40 %.
250–275 см.	Торф черного цвета, войлокообразный, волокна пушицы, обилие мелких и средних древесных остатков, степень разложения ~ 30 %.



- 275–300 см. Торф черного цвета, обилие пленок хвоща, сырой, похож на войлок, степень разложения ~ 30–35 %.
- 300–325 см. Торф черного цвета, легкий, войлокообразный, остатки гипновых мхов, влажный, нелистоватый, степень разложения ~ 30–35 %.
- 325–350 см. Торф черного цвета, сильно гумифицирован, обилие пленок хвоща, легкий, влажный, степень разложения ~ 35–40 %.
- 350–375 см. То же, сильно мажется, мокрый, из стенки торфяника в результате вытаивания льда сочится вода, степень разложения ~ 40–45 %.
- 375–400 см. Торф черного цвета, есть крупные куски древесины березы и лиственницы, мокрый, сильно мажется, по внешнему виду похож на почву, степень разложения ~ 50 %.
- 400–410 см. Суглинок, мерзлый, оглеенный, быстро тает на воздухе, из-под торфяника интенсивно сочится вода.

**Стратиграфия торфяной залежи.** Стратиграфия бугров пучения в составе изученных болотных комплексов и основные растения-торфообразователи, слагающие их залежь, приведены на рис. 5, а, б.

Торфяная залежь бугра пучения в составе крупнобугристого болотного комплекса (см. рис. 5, а) относится к смешанному типу, преимущественно топяному подтипу.

От подошвы торфяника – 4.0 м и вверх до глубины 0.65 м она образована низинными видами торфа: древесно-гипновым, гипновым, травяно-гипновым, травяным, осоковым. В интервале глубин 0.65–0.44 м залежь сложена осокково-гипновым переходным торфом. Выше – 0.44–0.05 м – она образована верховым слабо разложившимся фускум-торфом. Сухая грубая мохово-лишайниковая дернина, покрывающая вершину бугра, состоит из остатков вересковых кустарничков и кустарничковой березы (до 50 % растительного волокна), а также лесных зеленых мхов и лишайников.

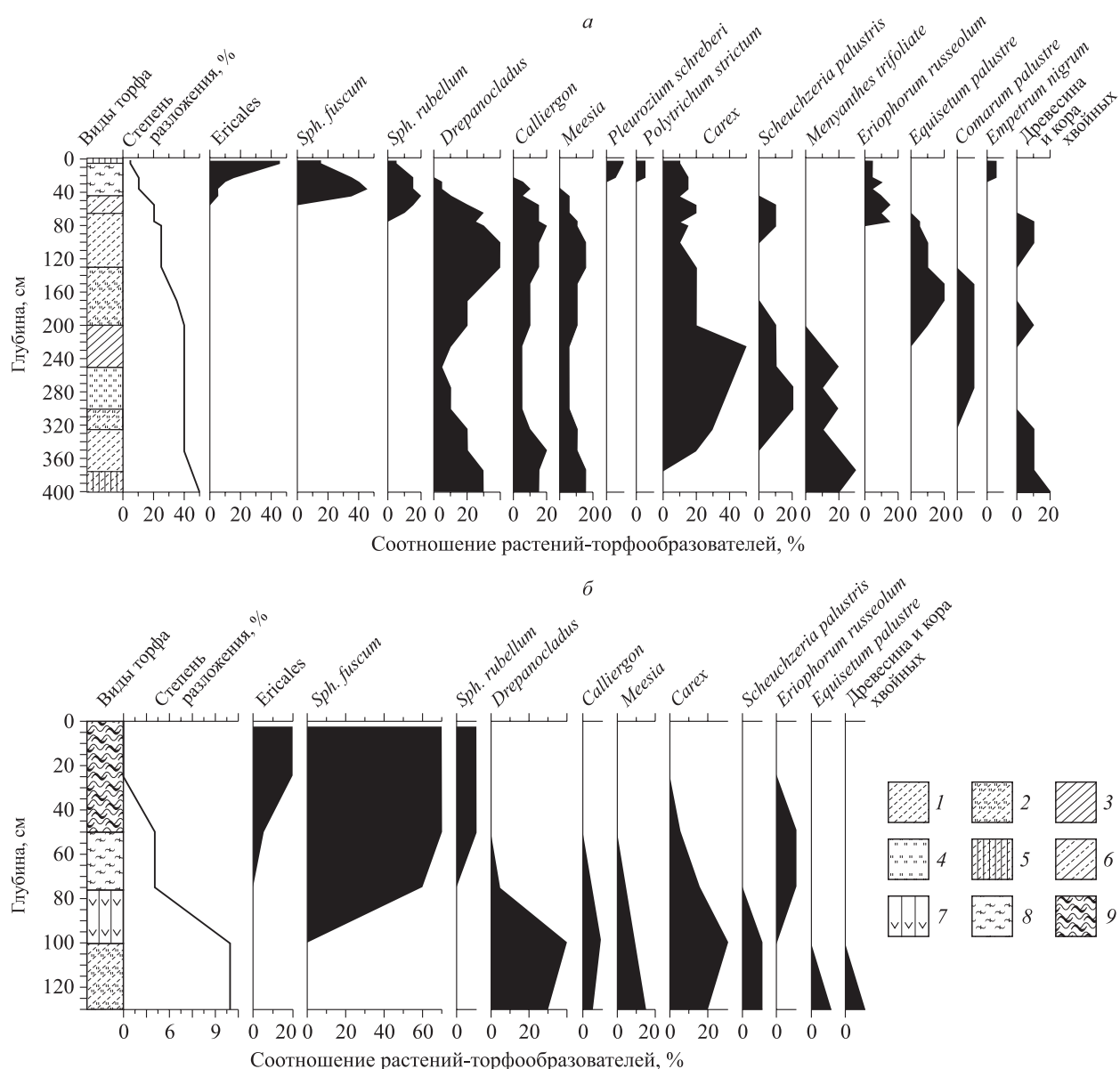
Степень разложения торфа в верхних слоях варьирует от 5.0 до 10.0 %. В средних слоях залежи она равна 20.0–25.0 %, а книзу резко возрастает и составляет 35.0–40.0 %. Влажность торфа по слоям колеблется в широких пределах – от 80.0 % вверху до 97.5 % – в основании залежи. Зольность торфа верхней части залежи, образованная фускум-торфом, составляет 2.0–3.7 %. В горизонтах, сложенных травяным торфом с примесью коры и древесины, она варьирует от 5.6 до 8.2 %. У основания бугра зольность возрастает до 30 %, что, вероятно, связано с при-

внесением в торфяную залежь минеральных частиц (песка, суглинка). Кислотность торфов от поверхности залежи до ее основания изменяется слабо и колеблется от 2.9 до 4.0.

Стратиграфия бугра пучения в составе плоскобугристого болотного комплекса приведена на рис. 5, б. Залежь бугра снизу вверх (1.3–0.75 м) представлена низинным травяно-гипновым и гипновым торфами. Основную массу волокна торфа – 50–60 % – образуют гипновые мхи, на долю осок приходится 20–30 %. В небольшом количестве (по 10 %) встречаются также хвощ и шейхцерия. Выше (0.75–0.5 м) торфяная залежь представлена фускум-торфом, основными торфообразователями которого являются сфагнумы бурый и красноватый. На долю первого приходится 60–70 % волокна торфа. В качестве примеси в волокне торфа отмечены вересковые кустарнички – 5–20 %, пушица – 10 %, осоки – 10 %, лесные зеленые мхи (плевроциум Шребера) – 15 %. Верхний слой плоскобугристого торфяника образован сфагновым очесом из тех же мхов с примесью вересковых кустарничков, багульника и кассандры болотной.

Придонные слои торфа – травяно-гипновый и гипновый, имеют низкую степень разложения – 8–10 % и высокую влажность – более 90 %. Зольность этих торфов сильно занижена – 1.6–1.8 %, что объясняется слабой минерализацией болотных вод в районе с многолетнемерзлыми грунтами. Степень разложения и зольность фускум-торфа низкие – 3–5 и 2,1 % соответственно. Реакция среды сильнокислая по всему профилю.

Стратиграфия и ботанический состав торфа сплавины в озерке следующие. Придонная ее часть (2.25–2.0 м) образована топяным низинным травяно-гипновым торфом в условиях грунтового питания. Основные растения-торфообразователи – гипновые мхи – дрепанокладус плауновидный (*Drepanocladus lycopodioides* (Schwaegr.) Warnst.), калиэргон гигантский (*Calliergon giganteum* Schimp. Kindb.), к. лозовой (*C. sarmentosum* (Wahlenb.) Kindb.), мезезия трехгранная (*Meesia triquetra* (Jolycl.) Ångstr.) – 30 %, осока вздутая, о. топяная, о. водяная (*Carex aquatilis* Wahlenb.) и о. дернистая (*C. cespitosa* L.) – 35 %. Меньшее участие в сложении залежи принимали пушицы рыжеватая и стройная (*Eriophorum gracile* W. D. J. Koch.) – 15 %, хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.). Около 5 % остатков волокна приходится на кору древовидной березы. Выше этого слоя торфа (2.0–0.5 м) залегает мощная водная прослойка.



**Рис. 5.** Стратиграфия и основные торфообразователи бугра пучения в составе крупнобугристого болотного комплекса (а) и плоскобугристого торфяника (б).

Виды торфа: 1 – гипновый низинный, 2 – травяно-гипновый низинный, 3 – осоковый низинный, 4 – травяной низинный, 5 – древесно-гипновый низинный, 6 – осоково-гипновый переходный, 7 – фускум-торф, 8 – кустарничковая дернина, 9 – сфагновый очес. Ericales – верескоцветные, *Sph. fuscum* – сфагнум бурый, *Sph. rubellum* – с. красноватый, *Drepanocladus* – дрепанокладус, *Calliergon* – каллиэргон, *Meesia* – меезия, *Pleurozium schreberi* – плевроциум Шребера, *Polytrichum strictum* – политрихум сжатый, *Carex* – осока, *Scheuchzeria palustris* – шейхцерия болотная, *Menyanthes trifoliata* – вахта трехлистная, *Eriophorum russeolum* – пушица рыжеватая, *Equisetum palustre* – хвощ болотный, *Comarum palustre* – сабельник болотный, *Empetrum nigrum* – водяника черная.

Верхняя часть сплавины (глубина 0,5–0 м) образована переходным сфагновым торфом, который сформировался в условиях питания поверхностно-сточными водами. Главные торфообразователи – мочажинные сфагновые мхи – большой (*Sphagnum majus* (Russ.) С. Jens.), Линдберга и балтийский, на долю которых приходится 60 % растительного волокна торфа. Меньшее участие в сложении залежи принимают гипновые мхи – дрепанокладус плауновид-

ный, каллиэргоны гигантский и лозовой, меезия трехгранная – 30 %. В качестве примеси в волокне торфа отмечены остатки пушицы рыжеватой, осок топяной и кругловатой (*Carex rotundata* Wahlenb.), корешки вересковых кустарничков.

**Генезис и стадии развития бугров.** Торфяные бугры пучения в криолитозоне имеют разный возраст в связи с разновременностью начала заболачивания и конкретными мерзлотно-фациальными условиями территории



(Vasil'chuk Yu. K., Vasil'chuk A. S., 1998). Сведения об их возрасте в районе наших исследований очень ограничены. Имеющиеся в литературе радиоуглеродные датировки свидетельствуют о том, что в окрестностях г. Игарка торфяные бугры имеют голоценовый возраст – около  $9480 \pm 120$  лет назад (л. н.) по  $^{14}\text{C}$  (Хотинский, 1977),  $8210 \pm 250$  л. н. (Кошкарова и др., 1975),  $7330 \pm 80$  л. н. (Васильчук и др., 2008, 2013) и  $5425 \pm 20$  л. н. ( $6200 \pm 40$  кал. л. н.) (Новенко и др., 2021). К сожалению, мы не располагаем результатами радиоуглеродного датирования исследованных бугров пучения. Судя по ботаническому составу торфа и мощности торфяной залежи, крупнобугристый торфяник имеет бореальный возраст – примерно 8.0 тыс. л. н., а плоскобугристый – около 3.0 тыс. л. н. Он образовался, вероятнее всего, на суббореально/субатлантическом контакте.

Опираясь на данные ботанического состава торфа, реконструируем генезис и стадии формирования исследованных бугров пучения. В развитии крупного бугра пучения на правом берегу р. Черная выделено шесть стадий.

Первая, древесно-гипновая (субаквальная), стадия формирования бугра – интервал глубин 4.0–3.0 м, характеризуется высоким содержанием в торфе (до 20 %) древесины и коры лиственницы (*Larix* sp.), а также гипновых мхов родов дрепанокладус, каллиэргон и меезия (60 %). Остальная часть волокна торфа приходится на осоки кругловатую, вздутую, топяную, водяную и дернистую, а также на болотное разнотравье – шейхцерию, хвощ, вахту, сабельник. Такой состав торфа свидетельствует о развитии торфяника на месте редкостойного лиственничника, в напочвенном покрове которого произрастали гидрофильные виды мохово-травяной растительности. Начало торфообразования бугра, пришлось, вероятно, на теплый и влажный климат бореального периода – 8.0 тыс. л. н. В этот отрезок голоцена в криолитозоне северной тайги Приенисейской части Средней Сибири, вероятно, также как и в аналогичной подзоне Западной Сибири, на суходолах были развиты леса из ели, березы и лиственницы, а на переувлажненных территориях происходило активное накопление торфа, преимущественно гипнового (Briffa, 2000; Наурзбаев и др., 2003; Васильев, 2007).

В течение второй стадии (слой торфа 3.0–2.0 м), возможно, в результате начавшегося пучения и частичного осушения (или понижения

уровня грунтовых вод) бугра, происходит смена растительного покрова болота. Доминантами на протяжении всей стадии становятся осоки топяная, вздутая и кругловатая с небольшой примесью вахты, шейхцерию, пушицы. Гипновые мхи уже не играли существенной роли в образовании растительности бугра. Начало стадии, вероятно, пришлось на первую половину атлантического (АТ) периода – 7.0–6.0 тыс. л. н. По литературным данным (Белорусова и др., 1987), в это время голоцена климат становится более сухим по сравнению с предыдущим периодом, а на болотах криолитозоны все еще активно идет процесс торфонакопления с отложением осоковых и травяных видов торфа.

Третья стадия фиксируется в интервале 2.0–0.65 м залежи. Судя по большой мощности торфяного пласта, его образование пришлось на вторую половину АТ, который характеризуется оптимумом тепла и влаги. Согласно Ж. М. Белорусовой и соавт. (1987), в этот временной отрезок голоцена «отклонение июльской изотермы от современных значений в криолитозоне Средней Сибири составляло ... не менее 8–10 °С» (с. 617), по другим данным (Антропоген..., 1982; Bradley, 1999; Наурзбаев и др., 2003), – около 3–4 °С. Основными торфообразователями бугра пучения на этой стадии являлись гипновые мхи, осоки и болотное разнотравье (см. рис. 5, а).

Четвертая стадия развития бугра (торфяной пласт на глубинах 0.65–0.44 м) пришлось, вероятно, на суббореальный период голоцена, который характеризуется дальнейшим усилением континентальности климата, похолоданием и появлением мерзлоты в торфяниках (Пьявченко, 1955). Изменение экологических условий привело к постепенной смене евтрофных группировок растительности мезотрофными и к уменьшению скорости торфонакопления. Об этом свидетельствуют маломощный слой переходного торфа и его ботанический состав, волокно которого образуют не только гипновые мхи и осоки, но и сфагнум красноватый в примеси с вересковыми кустарничками. Такая смена растительности может быть результатом периодического протаивания и поднятия, а затем последующего его промерзания. Обсыхание торфяника из-за усиления мерзлотных процессов постепенно привело к завершению субаквальной стадии и переходу в субэзральную стадию формирования бугра.

Пятая, сфагновая, стадия развития бугра пучения отмечена в интервале глубин 0.44–0.05 м. В результате дальнейшего похолодания климата криолитозоны (Andreev et al., 2004; Палео-

климат..., 2019), который пришелся на начало субатлантического (SA) периода – 2.5 тыс. л. н., происходит промерзание бугра и его пучение. Возрастает роль атмосферных осадков в питании торфяника, что приводит к смене мезотрофных травяно-моховых фитоценозов олиготрофными кустарничковыми и мохово-лишайниковыми. Субаэральные условия произрастания растительности приводят к тому, что доминирующими растениями-торфообразователями становятся сфагнумы бурый и красноватый, на долю которых приходится 50–55 % растительных остатков торфа. Остальную часть волокна образуют осоки волосистоплодная (*Carex lasiocarpa* Ehrh.), плетевидная (*C. chordorrhiza* Ehrh.) и водяная, пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.), мелкие корни березы кустарничковой. По литературным данным (Новенко и др., 2021), переход бугров пучения из субаквальной стадии в субаэральную в окрестностях г. Игарки произошел около 2.25 тыс. л. н.

Шестая стадия (слой торфа 0.05–0 см) характеризует современное состояние бугра пучения. Происходит дальнейшее иссушение его поверхности, полное прекращение питания торфогенного слоя грунтовыми водами. Пятна обнаженного деградированного торфа на поверхности бугра свидетельствуют о постепенном затухании торфообразовательного процесса.

Анализ стратиграфии торфяной залежи молодого плоского бугра свидетельствует о том, что в его развитии было две стадии. Первая, субаквальная, стадия прослеживается в интервале глубин торфяной колонки 1.30–0.75 м и приходится, вероятно, на конец SB. Ботанический состав торфа свидетельствует о том, что болото образовалось на месте переувлажненного редкостойного лиственничного леса (20 % растительных остатков волокна торфа приходится на лиственницу). В его напочвенном покрове господствовали гидрофильные гипновые мхи – каллиергон трехрядный (*Calliergon trifarium* (F. Weber & D. Mohr) Loeske.), меззия трехгранная, дрепанокладусы глянцеватый (*Drepanocladus vernicosus* (Mitt.) Warnst.) и крючковидный (*D. aduncus* (Hedw.) Warnst.) и осоки – топяная, водяная и дернистая.

Вторая стадия, субаэральная, отмечена в интервале глубин 0.75–0 м и приходится, вероятно, на начало SA – 2.5 тыс. л. н. Похолодание регионального климата, вероятнее всего, сначала привело к формированию сезонного промерзания болота. В результате возросшей роли атмосферных осадков в питании болота

началась активная трансгрессия на его поверхность олиготрофных сфагновых мхов, что привело к резкой смене евтрофной растительности олиготрофной, доминантом которой стал сфагнум бурый. Впоследствии отложившийся слой слаборазложившегося сфагнового торфа, обладающий мощными теплоизоляционными свойствами, в условиях направленного похолодания климата привел к пучению торфяной залежи с формированием плоского бугра.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены два типа мерзлотно-бугристых болотных комплексов, расположенных в сходных топографических условиях залегания на второй надпойменной террасе долины р. Черная, но различающихся по морфологическому строению, возрасту, морфоструктурному строению торфяных залежей, современному растительному покрову и стратиграфии торфяной залежи. Растительный покров криогенных болотных комплексов в целом имеет тундровый облик, флористически беден и представлен преимущественно психрофильными видами кустарничков, мхов и лишайников. По данным ботанического анализа торфа и на основании знаний о закономерностях отклика болот криолитозоны Средней Сибири на климатические изменения голоцена, установлено, что формирование крупнобугристого торфяника пришлось на начало бореального периода, а более молодого плоскобугристого – на конец суббореального периода голоцена.

Генезис крупнобугристого торфяника и его формирование близки схеме развития большинства бугристых торфяников Севера Западной Сибири и Красноярского края: от евтрофных слабооблесенных болотных сообществ через мезотрофную стадию к олиготрофному фускумсообществу. Стратиграфия залежи, состоящая из слоев торфа различного видового состава, свидетельствует о многократной смене растительных группировок на болоте. Эти смены могли происходить как в результате региональных климатических изменений условий увлажнения, варьирования зимних, летних и годовых температур в различные периоды голоцена, так и опосредованного – через агредацию и деградацию многолетней мерзлоты в торфянике (по причине локальных факторов самого бугра – его пучения и последующего протаивания).

Развитие более молодого по возрасту плоскобугристого торфяника началось в относительно



теплом климате суббореала. Похолодание климата в криолитозоне Приенисейской Сибири в начале субатлантики привело к активному формированию многолетнемерзлых пород в районе исследований и интенсивному пучению торфяного бугра. В дальнейшем происходит его осушение и смена евтрофных древесно-травяно-моховых фитоценозов на олиготрофные сфагновые. Накопление довольно мощного слоя фускум-торфа – изолятора тепла – также способствовало промерзанию и пучению торфяника.

Можно предположить, что в настоящее время на крупнобугристом торфянике происходит постепенное затухание торфообразовательного процесса, о чем свидетельствуют локальная деградация торфа на его дневной поверхности и заселение деградированных пятен мощным ковром из кустистых лишайников. На участке исследований, занятом плоскобугристыми торфяниками, положительная температура воды в термокарстовых озерах вызывает таяние мерзлоты, что приводит к активизации накопления торфа. Об этом свидетельствует плотная сплавина озера, образованная преимущественно мочажинным сфагновым торфом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антропоген Таймыра* / Под ред. Н. В. Кинд и Б. Н. Леонова. М.: Наука, 1982. 184 с.
- Белорусова Ж. М., Ловелиус Н. В., Украинцева В. В.* Региональные особенности изменения природы Таймыра в голоцене // Бот. журн. 1987. Т. 72. № 5. С. 610–618.
- Васильев С. В.* Лесные и болотные ландшафты Западной Сибири. Томск: Изд-во науч.-техн. лит-ры, 2007. 274 с.
- Васильчук Ю. К., Васильчук А. К., Буданцева Н. А., Чижова Ю. Н.* Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Под ред. Ю. К. Васильчука. М.: Изд-во МГУ, 2008. 571 с.
- Васильчук Ю. К., Васильчук А. К., Репкина Т. Ю.* Миграционные бугры пучения в заполярной части криолитозоны Средней Сибири // Инж. геол. 2013. № 2. С. 28–45.
- Домбровская Ф. В., Коренева М. М., Тюремнов С. Н.* Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.; Л.: Гос. энерг. изд-во, 1959. 90 с.
- Ефремов С. П., Пьявченко Н. И.* О генезисе бугристых болот бассейна Подкаменной Тунгуски // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. наук. 1964. Вып. 3. № 12. С. 37–43.
- Калашиников Е. Н.* Физико-географическое районирование Красноярского края и Республики Хакасии (Карта в масштабе 1 : 2 500 000) // Атлас Красноярского края и Республики Хакасии. Новосибирск: Роскартография, 1994.
- Кац Н. Я., Кац С. В., Скобеева Е. И.* Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
- Классификация* растительного покрова и видов торфа центральной части Западной Сибири. М.: Геолторфразведка, 1975. 148 с.
- Константинова Г. С.* О криогенных образованиях в районе Большого Хантайского порога // Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 112–120.
- Кошкарлова В. Л., Кутафьева Т. К., Жидовленко В. А., Стариков Э. В.* Комплексное исследование торфяника в окрестностях Игарки // История лесов Сибири в голоцене. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1975. С. 60–71.
- Кузнецов Н. И.* Лайды в низовьях р. Енисей, их строение, образование и место в классификационной системе болотно-лесных образований // Тр. Поляр. комис. АН СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1932. Вып. 12. С. 5–40.
- Мельниченко Т. Н.* Криогенные процессы в структуре и динамике ландшафтов северо-запада Среднесибирского плоскогорья: автореф. ... дис. канд. геогр. наук: 25.00.23. Барнаул: Алтай. гос. ун-т, 2004. 19 с.
- Наурзбаев М. М., Вазанов Е. А., Сидорова О. В.* Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий // Криосфера Земли. 2003. Т. 7. № 2. С. 84–91.
- Новенко Е. Ю., Мазей Н. Г., Куприянов Д. А., Прокушкин А. С., Шатунов А. Е., Сериков С. И.* Палеоэкология крупнобугристого болота в окрестностях г. Игарка в голоцене // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы Шестого Междунар. полевого симп., Ханты-Мансийск, 28 июня – 08 июля 2021 г. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2021. С. 179–181.
- Орлов В. И.* Некоторые особенности бугристых торфяников в районе Игарки // Изв. ВГО. 1962. Т. 94. № 1. С. 75–79.
- Палеоклимат* полярных областей Земли в голоцене: К 100-летию Арктического и антарктического научно-исследовательского института / Под общ. ред. Д. Ю. Большакина и С. Р. Веркулича. СПб.: ААНИИ, 2019. 204 с.
- Прейс Ю. И.* Инверсионные грядово-мочажинные комплексы низинных болот криолитозоны Средней Сибири // Изв. Том. политех. ун-та. 2004. Т. 307. № 4. С. 64–70.
- Пьявченко Н. И.* Бугристые торфяники. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 280 с.
- Хотинский Н. А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 198 с.
- Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья-95, 1995. 990 с.
- Шевелева Н. С., Хомичевская Л. А.* Геокриологические условия Енисейского Севера. М.: Наука, 1967. 128 с.
- Шумилова Л. В.* О бугристых торфяниках южной части Туруханского края // Изв. Том. отд. Рус. бот. об-ва. 1931. Т. 3. С. 1–13.
- Andreev A., Tarasov P., Klimanov V., Melles M., Lisitsyna O., Hubberten H.* Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taymyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // Quatern. Int. 2004. V. 122. Iss. 1. P. 69–84.
- Bradley R. S.* Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary. Int. Geophys. Ser. V. 64. Acad. Press, 1999. 613 p.

Briffa K. R. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees // *Quaternary Sci. Rev.* 2000. V. 19. N. 1. P. 87–105.

Vasil'chuk Yu. K., Vasil'chuk A. C. The  $^{14}\text{C}$  age of palsas in Northern Eurasia // *Radiocarbon*. 1998. V. 40. N. 2. P. 895–904.

## PERMAFROST-HILLY SWAMP COMPLEXES OF THE NORTHERN TAIGA OF THE YENISEI SIBERIA

L. V. Karpenko

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,  
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

---

E-mail: karp@ksc.krasn.ru

The results of the study of two permafrost-hilly swamp complexes located in the valley of the Chernaya River, the right-bank tributary of the Yenisei River (near the city of Igarka), are presented. Among them are coarse-tuberous and flat-tuberous peatlands of different ages, genesis and stages of development. The modern vegetation cover of the complexes is characterized, a detailed morphostructural description of peat profiles is given, a botanical analysis is performed and the values of the degree of decomposition, ash content and moisture content of peat are determined. The thickness of the coarse-tuberous peat bog deposit is 4.0 m, the approximate age is 8 thousand years ago. In the process of its formation, it underwent six stages of change, of which the first was forest. The peat deposit is classified as forest-swamp and marsh subtypes. The main peat-forming agents from bottom to top of the profile were successively eutrophic hypnoid mosses, mosses (*Hypnales* W. R. Buck et Vitt), sedges (*Carex* L.), horsetails (*Equisetum* L.) and, finally, oligotrophic sphagnum mosses (*Sphagnopsida* Ochyra). The flat-tuberous peat bog with a capacity of 1.3 m and an age of about 3 thousand years in its development has gone through two stages of vegetation changes, of which the first is forest. Peat deposit of forest-marsh and marsh subtypes. Throughout its depth, ice layers are recorded. In the lower part of the peat profile, the main peat-forming agents were eutrophic hypnoid mosses, and in the upper part – oligotrophic sphagnum mosses. Changes in the vegetation cover of hilly peatlands occurred both as a result of changes in the regional climate in the Holocene, and due to the appearance of permanent permafrost in peatlands, heaving of mounds and their subsequent thawing. The appearance of spots of exposed peat on the day surface of peatlands and the formation of a powerful lichen cover in their place indicate the cessation of the peat formation process.

**Keywords:** *heaving mounds, macromorphological structure, stratigraphy, peat-forming plants, peat species, Holocene, reconstruction, stages.*

**How to cite:** *Karpenko L. V. Permafrost-hilly swamp complexes of the northern taiga of the Yenisei Siberia // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2024. N. 2. P. 3–14 (in Russian with English abstract and references).*