

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«Томский государственный педагогический университет»

Л. И. Инишева, В. Ю. Виноградов, О. А. Голубина, Г. В. Ларина,
Е. В. Порохина, Н. А. Шинкеева, М. В. Шурова

**БОЛОТНЫЕ СТАЦИОНАРЫ
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Томск 2010

УДК 574.4
ББК 26.222.7я.73
Б79

Л. И. Инишева, В. Ю. Виноградов, О. А. Голубина, Г. В. Ларина, Е. В. Порохина, Н. А. Шинкеева, М. В. Шурова Болотные стационары Томского государственного педагогического университета (программа научных экскурсий Всероссийской научной школы молодых ученых «Болота и Биосфера»). – Томск : Изд-во ТГПУ, 2010. – 118 с.

Приведены основные сведения о стационарах Томского государственного педагогического университета, описаны свойства и режимы торфяных болот на опорных пунктах стационаров.

The main information are brought about permanent establishment of Tomsk state pedagogical university, it is described characteristics and regimes of peat bogs on supporting points of permanent establishment.

Рецензенты: канд. биол. наук. Т. М. Тронова
канд. хим. наук. Т. В. Чешкова

ISDN

© Л. И. Инишева, В. Ю. Виноградов,
О. А. Голубина, Г. В. Ларина,
Е. В. Порохина, Н. А. Шинкеева, М. В.
Шурова, 2010

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	6
1. Стационарные исследования и их роль	9
2. Стационар Васюганье (Томская область)	13
2.1. Природные условия	14
2.2. Характеристика пунктов исследования	15
2.2.1. Водно-физические свойства	20
2.2.2. Общетехнические и химические свойства	21
2.2.3. Биологические свойства	32
2.2.4. Режимы	35
2.3. Участок осушения на отрогах Васюганского болота	47
2.3.1. Физико-химические свойства	48
2.3.2. Биологические свойства	50
2.3.3. Режимы	51
3. Стационар Таган (Томская область)	53
3.1. Природные условия	55
3.2. Характеристика пунктов исследования	56
3.2.1. Водно-физические свойства	58
3.2.2. Общетехнические и химические свойства	59
3.2.3. Биологические свойства	65
3.2.4. Режимы	66
3.3. Характеристика пирогенных образований на стационаре Таган	73
3.3.1. Морфологическое описание	74
3.3.2. Химические свойства	75
3.4. Выработанный и рекультивированный участки	76
3.4.1. Характеристика участка рекультивации	76
3.4.2. Водно-физические свойства	77
3.4.3. Режимы	82
4. Стационар Турочак (Горный Алтай)	84
4.1. Природные условия	85
4.2. Характеристика пунктов наблюдений	88
4.2.1. Пункт наблюдений Турочакское	88
4.2.2. Пункт наблюдений Кутюшское	91

4.2.3.	Пункт наблюдений Баланак	94
4.2.4.	Режимы	96
	Литература	99
	Библиографический указатель	103
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Акты организации пунктов наблюдений за функционированием болот	105

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ТБЭС – торфяно-болотная экосистема
БГЦ – биогеоценоз
УБВ – уровень болотных вод
ГМС – гидрометеостанция
ГТК – гидротермический коэффициент
т.м. – торфяное месторождение
п. – пункт
р. ц. – районный центр
с. т. – сухого торфа
ТЗ – торфяная залежь
ЛГ – легко гидролизуемый
ТГ – трудно гидролизуемый
НГО – негидролизуемый остаток
ОВП – окислительно-восстановительный потенциал
ОВУ – окислительно-восстановительные условия
ГК – гуминовые кислоты
ОВ – органическое вещество
ОМ – органическая масса
ФК – фульвовые кислоты
ЮЗ – юго-запад
СВ – северо-восток
СШ – северная широта
ВД – восточная долгота
W, % – влажность
A, % – зольность
R, % – степень разложения
Нг – гидролитическая кислотность
S – сумма поглощенных оснований
рН – кислотность солевой вытяжки
СО₂ – углекислый газ
СН₄ – метан
NH₄– подвижный аммонийный азот
P₂O₅ – подвижный фосфор
K₂O – подвижный калий
КАА – крахмало-аммиачный агар
МПА – мясо-пептонный агар
СА – сусло-агар
ХПК – химическое потребление кислорода

ВВЕДЕНИЕ

Широко известна многофункциональная роль болот. Они играют важную роль в поддержании состава атмосферного воздуха: их растительность обогащает атмосферу кислородом и усваивает углекислый газ, изымая из планетарного цикла углерод и консервируя его в торфяниках на тысячелетия. В результате разложения растительных остатков торфа в торфяных залежах в анаэробных условиях в атмосферу поступает также значительное количество метана.

Соотношение между потоками углекислого газа и метана (важных компонентов атмосферного воздуха, регулирующих проявления «парникового эффекта») определяет «вклад» болотного региона в возможное потепление глобального климата. Климатическая функция болот, помимо их влияния на состав атмосферы, проявляется в формировании теплового и водного балансов территории. Происходит увеличение влажности воздуха и ослабление степени континентальности климата.

Геоморфологическая функция болот проявляется в консервации под слоем торфяников первичных форм рельефа, протекающей одновременно с формированием сглаженных, специфических форм болотной поверхности (обращённого фитогенного рельефа).

Болота обеспечивают сохранение генофонда редких животных, птиц и растений. На неосушенных торфяных болотах произрастают редкие лекарственные растения и ягоды. Таким образом, болотные экосистемы имеют весьма важное значение для сохранения экологического равновесия как на локальном уровне, так и во всей биосфере. Рациональное природопользование на болотах – это путь к устойчивому развитию биосферы.

Наконец, торф служит сырьём для производства ценной продукции, и в настоящее время найдены новые области его рационального применения.

Среди полезных ископаемых, которыми богата наша страна, значительная роль принадлежит торфяным месторождениям, распространённым практически на всей земной поверхности. Заболоченность составляет около 4,4% общей площади суши. Заторфованность территории России различна, наибольшая характерна для Западно-Сибирской равнины и достигает 14 % (рис. 1). Торфяные ресурсы признаны уникальным природным потенциалом органического происхождения, влияющим на повышение жизненного уровня людей. Это энергетический, промышленный и агрохимический ресурс, необходимый как в становлении энергетики и промышленности, так и в повышении продуктивности сельского хозяйства. С развитием науки торфяные

ресурсы стали надежным источником в биотехнологии, здравоохранении и т.д.

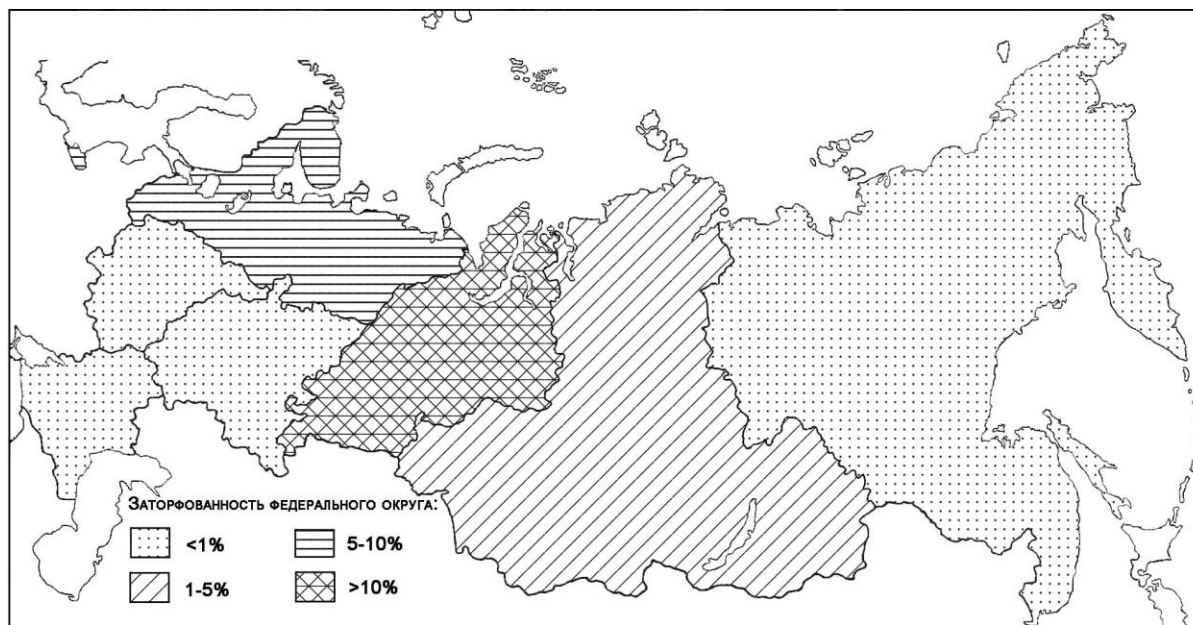


Рис. 1. Заторфованность территории России по федеральным округам

Общая площадь торфяных месторождений в России в границах промышленной залежи торфа (более 0,7 м) составляет 47578140 га (47,6 млн. га) с запасами торфа 166,9 млрд. т (31,4 % от мировых ресурсов) на 46805 торфяных месторождениях. Наибольшие площади болот и запасы торфа сконцентрированы на Северо-Западе России, севере Европейской территории России и в Западной Сибири. Почти половина прогнозных ресурсов торфа (48,3 %) и более половины их площади (51,6 %) относится к Уральскому федеральному округу в связи с отнесением к нему Тюменской области (25,13 млрд. т), Ханты-Мансийского автономного округа (38,99 млрд. т) и Ямало-Ненецкого автономного округа (7,85 млрд. т). По запасам прогнозных торфяных ресурсов этот федеральный округ занимает первое место в России. На втором месте находится Сибирский федеральный округ (34,4 млрд. т или 21,8% прогнозных ресурсов России).

Сибирский экономический район, располагаясь на территории трех природно-географических зон (лесостепной, лесной и тундровой), представляет собой один из крупнейших торфяных регионов мира. В его состав входят: Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Тюменская, Омская и Томская области, Красноярский и Алтайский края, республики Алтай и Бурятия. В целом в регионе разведано 3956 торфяных месторождений, общей площадью 12202100 га и запасами 44519576 тыс.т.



Рис. 2. Торфяные ресурсы Сибирского округа

Средняя заторфованность региона составляет 13 %. Торфяные месторождения этой территории чрезвычайно разнообразны по условиям образования и развития, качественно-количественным показателям залежи и типам поверхности, характеру распределения и другим факторам. В различных природных зонах процессы заболачивания и торфонакопления имеют свои особенности.

С целью мониторинга функционирования болотных экосистем на территории Сибири обустроены стационары ТГПУ «Васюганье» (п. Польшанка, Бакчарский район Томской области) и «Таган» (п. Тахтамышцево, Томский район Томской области), а также организованы опорные пункты мониторинга горно-алтайских болот в Турочакском районе Республики Алтай «Турочак». В пунктах наблюдений проводятся изучение гидротермического, окислительно-восстановительного, биохимического, гидрохимического, газового режимов и эмиссии парниковых газов. Научная работа на стационаре поддержана грантами Минобрнауки (01.01.08), Президента РФ (НШ-3938-2008.5) и РФФИ (№№ 09-05-99007, 09-05-00235 и 09-05-00395) и Федеральным агентством по науке и инновациям (ГК № 02.740.11.0325).

1. СТАЦИОНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ РОЛЬ

Уникальных природных комплексов на земном шаре становится все меньше, и они требуют к себе пристального внимания. Болотообразовательный процесс на Западно-Сибирской равнине захватил столь обширные территории, что М.И. Нейштадтом [1] он был назван мировым природным феноменом. В пределах Западно-Сибирской равнины простирается шесть болотных зон, из которых бесспорно выделяется таежная зона, представляющая собой Западно-Сибирскую таежную болотную область бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания. На их долю приходится подавляющее большинство заболоченной территории, запасов торфа и воды.

Логика изучения особенностей функционирования природных экосистем приводит к выводу о необходимости оценки уязвимости как отдельных болот, так и всей болотной системы в целом. В разных природных условиях, определяющих направление болотообразовательного процесса, роль звеньев уязвимости выполняют различные компоненты экосистемы. Поэтому при определении комплекса воздействий на болотную экосистему важно выявить звенья уязвимости в момент существования системы и оценить предельно допустимые нормы воздействия, превышение которых ведет к необратимым процессам их распада. Это возможно осуществить с помощью обоснованных прогнозов изменения болотных экосистем в результате антропогенного воздействия разных уровней. В основу изучения процессов в естественных и антропогенных БЭС должны быть положены комплексность исследований, непрерывность, учет пространственной неоднородности. Это достигается на основе устройства стационарной сети и маршрутных исследований на объектах-аналогах. Фундаментальное решение выдвигаемых задач требует современного знания принципов организации и устойчивого функционирования природных и антропогенно изменённых БЭС. В методологическом аспекте решение этих проблем представляется в виде комплексного исследования природных и эколого-антропогенных модификаций болотных ландшафтов, что определяет необходимость создания сети болотных стационаров для проведения комплексных исследований. Это могут быть научно-исследовательские полигоны, в состав которых входят как природные, так и антропогенные торфяные болота, трансект-катены, опорные пункты, на которых исследования проводятся одними методами.

Только методом стационарных исследований возможно познание процессов торфообразования, к которым относится динамика водного, теплового и гидрохимического режимов болот и их балансов; трансформационные и обменные процессы в торфяной залежи, биологическая продуктивность, газовый режим и другие процессы.

Научные стационары должны рассматриваться как национальное богатство страны.

В соответствии с этими направлениями задачами стационарных исследований являются:

- изучение условий стока поверхностных вод;
- исследование водного и геохимического стока с болот и заболоченных бассейнов;
- изучение гидротермического режима торфяных болот;
- оценка роли болотных экосистем в биогеохимических циклах элементов;
- исследование процессов превращения органического вещества в торфах и торфяных залежах и разработка научных основ направленного их регулирования;
- разработка критериев выделения целевых фондов и определение направлений рационального использования торфяных ресурсов;
- изучение биохимических процессов углеродного цикла в торфяных залежах и эмиссии парниковых газов.

Методики исследований. В целом на стационарах применяются разные методы: аналитические, режимные, модельные, вегетационные, маршрутные исследования и другие, что зависит от задач периода исследований.

Для оценки ландшафтно-экологической ситуации на территорию исследования составляется ландшафтно-типологическая карта, для чего проводится геоботаническое картирование болотных ландшафтов методом ключевых участков.

Запас биомассы определялся в период максимального ее развития. Надземную продукцию определяли укосным методом (без учета древесного яруса), подземную – методом монолитов Шалыта [2]. Определение подземной биомассы проводилось на тех же площадках, что и определение надземной биомассы. Для этого из стенки почвенного разреза отбирались монолиты размером 10×10×10 см до глубины 20 см. Из отобранных монолитов отбирались живые корни. Моховой очес и корни также высушивались до воздушно-сухого веса и взвешивались. На основе данных по ежемесячным запасам фитомассы рассчитывалась чистая первичная продукция наземного покрова как сумма приростов всех видов растений на единице площади за год.

Для изучения общих свойств торфов проводились следующие анализы: ботанический состав и степень разложения [3], зольность [4]; рН солевой вытяжки [5]; гидролитическая кислотность [6]; сумма поглощенных оснований [7]; фракционный состав азота по Шконде и Королевой [8]; фракционно-групповой состав углерода по методике В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [9].

Групповой состав торфов изучали по методу Инсторфа [10]. Исследование образцов торфа на содержание углерода, водорода, выполнялось на СНN-анализаторе «Carlo Erba Strumentazione» модель 1106 (производство Италия); серы – колбовым методом по Шенигеру [11]. Качественная и количественная характеристика ГК торфов проводилась на основании данных ИК – спектроскопии. ИК-спектры ГК записывали на ИК-фурье-спектрометре Vector-22 фирмы Bruker (производство Германия) в таблетках с KBr в соотношении 1:300 соответственно во всем интервале значений частоты от 400 см⁻¹ до 4000 см⁻¹.

Молекулярно-массовое распределение ГК торфов получено с помощью гель-хроматографического разделения на сефадексе G-75 с использованием 0,1н NaOH в качестве растворителя и элюирующего агента. Оптическую плотность регистрировали на спектрофотометре SPEKOL-21 при длине волны 465нм. Измерение содержания парамагнитных центров проводили на приборе EPR СПЕКТРОМЕТР SE/X-2544 марки RADIPAN (Польша). В качестве эталона использовали Mg⁺² в MgO при атмосферном давлении и комнатной температуре. [12]

С целью получения информации о содержании структурных фрагментов в ГК торфов был использован метод ЯМР¹³C-спектроскопии. Регистрацию спектров осуществляли на радиоспектрометре фирмы Bruker (Германия) с использованием методики Фурье-преобразования с накоплением. Время накопления изменялось от нескольких часов до суток. Исследуемые образцы растворяли в 0,5н дейтерированной щелочи, концентрация препарата составляла 3,7–6,1%. Кроме регистрации спектров ЯМР осуществляли запись их интеграла, что позволило определить относительное содержание магнитных ядер углерода, принадлежащих к той или иной группе атомов. Радиоуглеродное датирование возраста исследуемых торфов определяли на радиоуглеродной установке QUANTULUS-1220 (бензольно-сцинтилляционный вариант).

Содержание химических элементов в торфах определено нейтронно-активационным анализом на ядерном реакторе ИРТ – 2000 с использованием гамма спектрометра ТА 512 В. С точностью 10–20% определены элементы Ca, Fe, Co, Br, Sc, Ce, La, Sm, остальные с меньшей точностью. Наведенный j спектр регистрировался дважды: среднеживущие элементы определяли через 7–10 суток, долгоживущие – через 20–30 суток, в качестве стандарта применялся эталон СГФ – 1А.

Для определения биохимической активности торфяных залежей с помощью торфяного бура ТБГ-1 производился отбор образцов по ботаническому составу. В отобранных образцах изучали микробиологическую и энзимологическую активность. Определение микроорганизмов производилось в соответствии с методиками Института микробиологии РАН на средах: МПА, КАА и среде Виноградского [13].

Определение численности метанотрофов в ряде случаев проводилось в Институте микробиологии РАН (Москва). Общую численность и биомассу микроорганизмов изучали прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии [14]. Для этого предварительно десорбировали клетки на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1. При количественном учете клеток почвенных бактерий и мицелия актиномицетов препараты окрашивали водным раствором акридина оранжевого, а для окраски мицелия и спор грибов применяли калькофлор белый.

На основании данных о содержании органического углерода и запасах микробной биомассы в профиле торфяных залежей были проведены расчёты доли углерода микробной биомассы от общего содержания углерода органического вещества. В расчётах исходили из того, что углерод составляет 50 % от общих запасов микробной биомассы.

Каталазную активность определяли газометрическим методом в модификации Ю. В. Круглова и Л. Н. Пароменской [15]. В контрольных образцах (неферментативная активность) ферменты инактивировали стерилизацией сухим жаром при температуре 180°C в течение двух часов [16]. Полифенолоксидазную активность определяли по методу Л. А. Карягиной и Н.А. Михайловской [17], нитратредуктазную активность – по методу А. Ш. Галстяна и Л. В. Маркосяна, модифицированному Л. А. Мурдам [18], протеолитическую активность – по методу Лэдда и Батлера [19], инвертазную – по методу Т. А. Щербаковой [20]

Исследования режимов торфяных болот включали следующие работы:

- снегосъемка, согласно методике [21] проводилась весной в конце периода максимального снегонакопления. Наблюдения над снежным покровом сводились к определению максимальных запасов воды в снежном покрове;
- уровни болотных вод в пунктах наблюдений еженедельно изучали в соответствии с [22];
- режим влажности в активной зоне торфяной залежи определялся ежемесячно весовым методом [23];
- наблюдения за окислительно-восстановительным и температурным режимами торфяной залежи проводили до глубины 1 м через каждые 10 см, далее через 50 см с помощью стационарно заложенных датчиков; при определении температуры использовали также датчики «Термохрон» [24],
- пробы для анализа подвижных элементов питания общего железа [8], обменной кислотности [5] отбирались каждые 25 см на всю глубину торфяной залежи 1 раз в месяц на протяжении вегетационного периода;

- из оборудованных на пунктах колодцев за наблюдением уровней болотных вод проводился отбор болотной воды и ее анализ (рН, Ca^{2+} , Mg^{2+} [25], SO_4^{2-} [26], Cl^- [27], NH_4^+ , NO_3^- , K^+ , Na^+ , Fe^{3+} , ХПК/БО, ГК, ФК по методике [8, 28]). При анализе болотных и речных вод использовалась также аттестованная методика количественного атомно-эмиссионного анализа с приготовлением зольного остатка по [29]; в сухом остатке болотных вод и торфах определено содержание микроэлементов на анализаторной спектрометрической установке фирмы «CANDERRA»
- в течение каждого месяца вегетационного периода проводилось определение концентрации CO_2 и CH_4 в профиле торфяной залежи «реперс»-методом [30]. Для измерения эмиссии CO_2 и CH_4 использовался камерный метод [31]. Газовый состав определялся на хроматографе «Кристалл-5000.1» [32].

2. СТАЦИОНАР ВАСЮГАНЬЕ (Томская область)

Стационар расположен в 145 км на СЗ от г. Томска, в 22 км на восток от р. ц. Бакчар, в 25 км на СЗ от д. Плотниково Бакчарского района, в пределах $56^{\circ}57' - 57^{\circ}03'$ с.ш., $82^{\circ}22' - 82^{\circ}42'$ в.д. на отрогах Васюганского болота, территория по ландшафтному районированию является частью южно-таежной озерно-аллювиальной равнины Бакчар-Иксинского междуречья Чаинского физико-географического района Васюганской природной провинции. Васюганское болото – это самое большое болото в мире с площадью 5 269 437 га. Оно захватило Обь-Иртышский водораздел и раскинулось между $55^{\circ}40' - 58^{\circ}60'$ СШ и между $75^{\circ} 30' - 83^{\circ}30'$ ВД. Наибольшая протяженность с запада на восток 573,0 км и с севера на юг около 320 км.

С позиций орографии и геоморфологии Васюганское болото расположено в основном на Васюганской наклонной равнине, с абсолютными отметками в пределах 116–146 м. Совокупность природных факторов определяет особенности процесса торфонакопления на Васюганском болоте:

а) широкий масштаб заболачивания территории, при котором торфяной залежью покрыты не только пониженные элементы рельефа, но и водораздельные пространства. Так, согласно М. И. Нейштадту, агрессивность заболачивания на Васюганском болоте очень высокая. В среднем ежегодно заболачивается 1 800 га. Поэтому 25 % территории Васюганского болота приходится на заболоченные участки, возраст которых не превышает 500 лет при нижнем пределе возраста 9 000 лет;

б) разнообразие стратиграфического строения. На Васюганском болоте сосредоточено 18 728 527 тыс. т или 18.7 млрд. т торфа, что составляет 16 % от запасов всего Западно-Сибирского региона. Из них

разведано 25,5 %. Преобладающая залежь – низинная (56,4 %), верховая составляет 25,9 %, остальные 17,7% запасы относятся к переходным и смешанным.

2.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Основная и наибольшая часть Васюганского болота находится в области тектонического поднятия. Кажется парадоксальным наличие низинных гипново-осоковых болот, очень обводненных, в самой возвышенной части водораздела, отметка которого здесь достигает 146 м. Возможно, что эти низинные болота возникли во впадине, которая затем была приподнята современными тектоническими движениями выше окружающей периферии, занятой сейчас верховыми болотами. Такое предположение высказано С. Н. Тюреновым [33, 34]. Видимо, тектонические движения не привели к осушению болота, а лишь изменили его гипсометрическое положение. Не исключено, что эти болота образовались на уже существовавшей возвышенности, поверхность которой изобилует блюдцеобразными понижениями. Последние и явились очагами заболачивания. Современные тектонические движения отнюдь не препятствуют развитию и широкому распространению болот. Наоборот, Васюганское болото является классическим примером активного заболачивания, где все признаки этого процесса выражены в наиболее отчетливой форме.

Скорость тектонического поднятия в голоцене была, видимо, меньше скорости торфонакопления. Если бы последняя превосходила скорость тектонического поднятия, то это привело бы к полному осушению заболоченных площадей и деградации болот.

По данным Н. Я. Каца [35], торфяники Васюганья перешли в олиготрофную стадию развития еще в бореальном периоде голоцена, раньше, чем торфяные болота Европейской части России. Возможно, уже перед бореальным периодом все неровности рельефа были заполнены торфом. Произошла нивелировка контрастов рельефа ложа. Сравнительно плоская поверхность торфяников, заполнивших отрицательные формы рельефа, сливается с окружающими их участками суши. После этого наблюдается некоторая дифференциация в развитии торфяников. В центре болота происходит более интенсивный рост торфа вверх, а на периферии одновременно идет его разрастание по площади. Такое неравномерное и разнонаправленное развитие торфяника способствует тому, что его центральная часть приобретает выпуклую форму. На Васюганском болоте, например, центральная часть верхового болота возвышается на 7,5–10 м над его краями. Как показали материалы инструментальной съемки и зондирования торфяной залежи, в Васюганье на некоторых массивах верховые болота сначала занимали межгрядные понижения, а переходные

– узкие гривы. Сейчас картина резко изменилась. Гривы фиксируются понижениями на поверхности торфяной залежи, межгривные западины ложа соответствуют выпуклым вершинам. Обращенный рельеф представлен наиболее четко.

При интенсивном торфонакоплении местами образуется новый водораздел. Его гребень на Васюганском болоте, в частности, по линии, соединяющей истоки рек Ичи и Чузика, сместился к югу более чем на 10 км по сравнению с предыдущим, существовавшим здесь до образования болот [36, 37].

Следует отметить исключительную равнинность поверхности Васюганского болота, осложненную микроформами рельефа – сочетание грив с межгривными понижениями и бесчисленное количество западин разных площадей и глубин, разбросанных по равнине. Монотонность рельефа равнины нарушается своеобразными микро и мезоформами поверхности торфяных залежей. В южной части Васюганского болота (Бараба) равнинность нарушается ложбинами стока и наличием рямов.

Васюганское болото, как тип ландшафта отличается большим своеобразием. Положение его в переходной полосе от зоны лиственных лесов к таежной обусловили большую пестроту растительности и торфяных залежей, основной причиной этого является, по всей вероятности, различная степень засоленности и выщелоченности грунтов.

Другой особенностью Васюганского болота является наличие особых веретьево-топяных сетчато-полигональных низинных болот. Характерная особенность этих болот – полигонально-ячеистый рисунок поверхности и высокая степень обводненности. Не менее оригинальными являются мозаичные и комплексные переходные болота, определенно напоминающие аапа-комплексы северо-западных областей Европейской части России. Следует особо отметить, что Васюганское болото является, видимо, единственным местом широкого распространения переходных болот. На Васюганском болоте можно выделить следующие типы растительности: *верховой* (грядово-мочажинный, грядово-озерковый, сосново-сфагновый, фускум); *переходный* (древесно-осоковый, древесно-сфагновый, сосново-сфагновый, осоковый, сфагновый, осоково-гипновый, лесной); *низинный* (лесной, древесно-осоковый).

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПУНКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория, на которой проводятся исследования, представляет собой всхолмленную заболоченную равнину. Выделяется два типа рельефа первого порядка: эрозионно-аккумулятивный и эрозионный. В тектоническом отношении район исследований является частью молодой эпипалеозойской платформы и имеет двухъярусное сложение: нижний структурный этаж сложен слабодислоцированными палеозойскими

породами фундамента, залегающими на глубине от 1800 до 2600 м, верхний – полого залегающими мезо-кайнозойскими образованиями.

Современные озерно-болотные отложения широко развиты в районе исследований как на водоразделах, так и локально на поверхности террас и поймы. Отложения болот представлены торфом, их возраст не превышает 10 тыс. лет; подстилаются плотными водонепроницаемыми глинами Ширтинского и Тазовского объединенных горизонтов. В основании озерно-болотные отложения имеют слой мощностью до 0,8 м сильно илистой темно-серой гумусированной глины, иногда содержащей раковины пресноводных моллюсков. Мощность отложений меняется от 0,5 м до 4 м.

На данной территории для проведения режимных наблюдений был выбран ландшафтный профиль (трансект-катена). Трансект-катена – трехмерное закономерно организованное тело, которое имеет таксономическую определенность, структуру, свои пространственные и временные свойства. В трансект-катене болотные экосистемы увязаны в ландшафте с геоморфологией, геологией (стратиграфия литогенеза и торфогенеза), с гидрологией, с метеорологией, с природными режимоциклами, антропогенными и техногенными воздействиями.

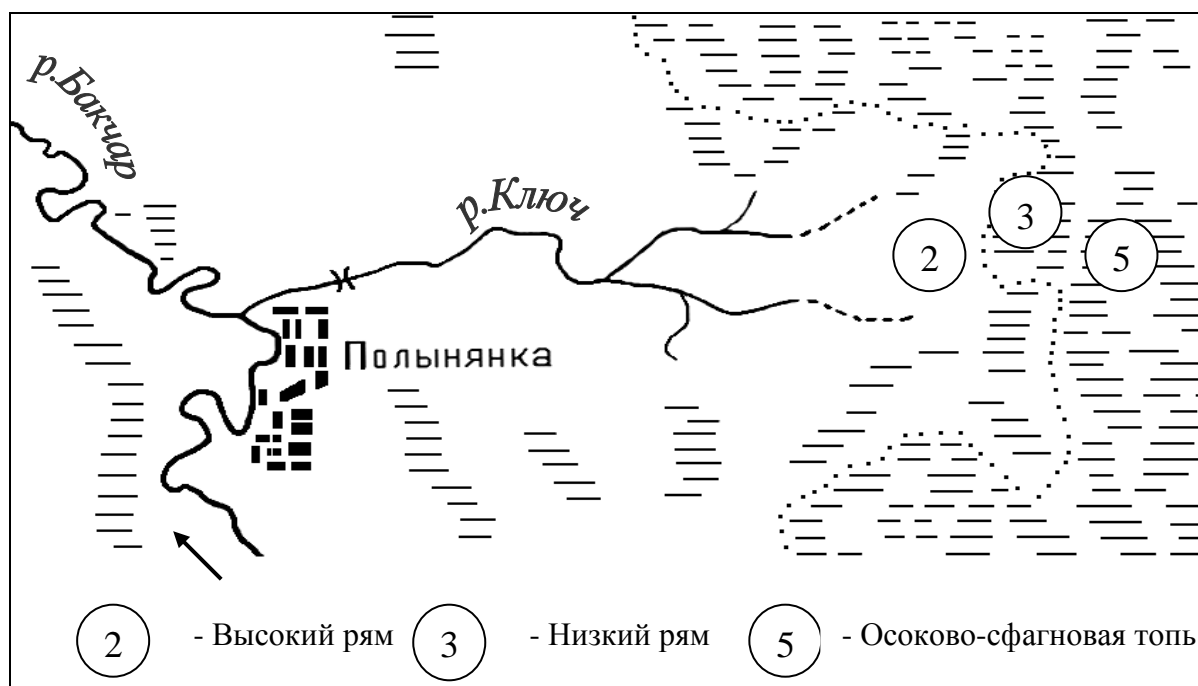


Рис. 3. Схема расположения пунктов наблюдения на олиготрофном болоте.

Трансект-катена как геосистемная модель позволяет проводить спланированные натурные комплексные исследования, достигая наилучшей эффективности в водосборных бассейнах. За модельный объект наблюдений за динамикой функционирования болотных комплексов

принята территория малого заболоченного водосбора р. Ключ (F – 58 км²). Проложенный ландшафтный профиль предназначен для исследований за гидротермическим, гидрологическим, биологическим и геохимическим режимами. Балансовые исследования вещественного состава стратиграфии залежи болотных экосистем и их подвижных соединений позволяют реализовать полученные результаты в виде модели круговорота веществ на заболоченной территории Западной Сибири. Ландшафтный профиль проложен по водосбору перпендикулярно простиранию поверхности. Профиль закреплен реперами, обоснован в плановом отношении, выполнена нивелировка поверхности.

Высокий рям представляет собой окраину верхового водораздельного массива (рис. 3,4). С одной стороны он граничит с заболоченным лесом, а по направлению к центру постепенно переходит в низкий рям. Микрорельеф представлен моховыми подушками и приствольными буграми высотой до 50 см, занимающими около 50 % поверхности.

Растительность высокого рья принадлежит сосново-кустарничково-осоково-сфагновой ассоциации. Древесный ярус состоит из сосны (*Pinus silvestris* L.) с единичными растениями *Pinus sibirica* Mayr. и *Betula pubescens* Ehrh. Средняя высота древостоя 18 м, средний диаметр стволов около 20 см. Проективное покрытие древесного яруса - 90%. Подрост представлен в основном сосной и единичными экземплярами кедра и березы, высотой 5–10 м, с диаметром стволов 5–10 см. Кустарничковый ярус развит пышно, кустарники достигают высоты 50 см, проективное покрытие (п.п.) – 90 %. Доминантами являются *Ledum palustre* L., *Chamaedaphne calyculata* L., довольно обильны брусника (*Vaccinium vitis-idea* L.) и клюква (*Oxycoccus microcarpus*). В травяном покрове встречается *Carex globularis* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Rubus chamaemorus* L. Общее проективное покрытие травяного яруса – 15 %. Доминантами мохового покрова (96 %) являются сфагновые мхи (*Sphagnum angustifolium*). На приствольных повышениях встречается небольшое количество зеленых мхов, на стволах деревьев и кустарников присутствуют лишайники.



Рис. 4. Сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз (высокий рям)

Это окрайка торфяного болота. Торфяная залежь высокорослого ряма глубиной 90 см имеет смешанное лесотопяное строение. В её формировании принимают участие пять видов торфа. Только два из них – осоковый низинный и сосново-пушицевый верховой достигают мощности 20 см (29 % участия в строении торфяной залежи принимает каждый), остальные виды торфа имеют мощность около 10 см (по 14 % участия). В основании торфяной залежи п. 2 лежит слой низинного осокового торфа высокой степени разложения (65 %). Далее в развитии болота наступает мезотрофная стадия, растительные группировки которой отложили слой сильно разложившегося торфа переходного типа трех видов: древесно-сфагнового, пушицевого и древесно-травяного. Мезотрофная стадия развития болотной растительности меняется на олиготрофную, в течение которой отложился слой верхового торфа двух видов: сосново-пушицевый и магелланикум-торф. Верховой торф характеризуется средней и слабой степенью разложения. Средняя степень разложения торфяной залежи - 39 %.

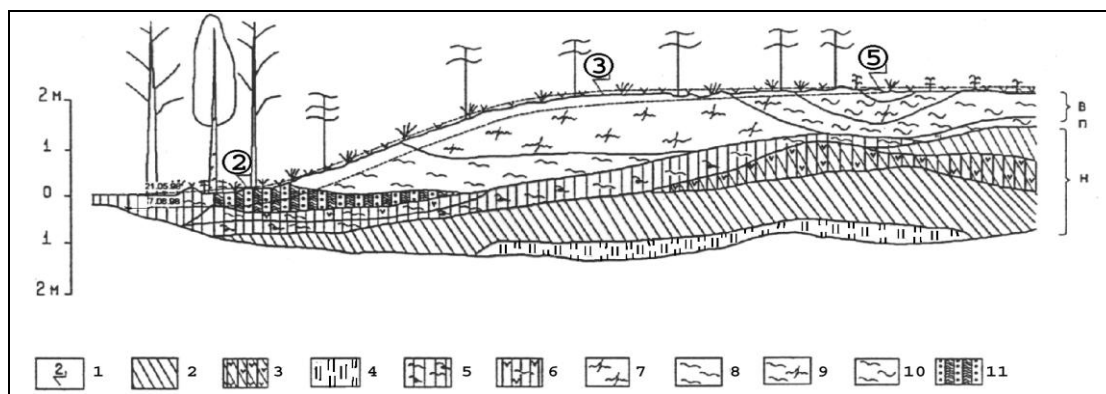


Рис. 5. Ландшафтный профиль

Условные обозначения: 1 – пункт отбора образцов; 2–11 – виды торфа: 2 – низинный осоковый; 3 – низинный древесно-осоковый; 4 – низинный папоротниковый; 5 – переходный древесно-сфагновый; 6 – переходный древесно-травяной; 7 – фускум-торф; 8 – магелланикум-торф; 9 – верховой комплексный; 10 – сфагнуво-мочажинный; 11 – верховой сосново-пушицевый.

Исследуемые торфяные залежи: ② – торфяная залежь п. 2; ③ – торфяная залежь п.3; ⑤ – торфяная залежь п. 5.

Типы торфов: - В – верховой; П – переходный; Н – низинный.

Высокий рям по направлению к центру болота переходит в низкий. Микрорельеф низкого ряма волнистый из-за большого количества больших моховых подушек высотой около 30 см, диаметром до 3 м.

Растительность низкого ряма также относится к сосново-кустарничково-сфагновой ассоциации с низкой сосной (рис. 6). Угнетенный древесный ярус представлен *Pinus silvestris f. Litwinowii*. Средняя высота древостоя – 2,3 м, средний диаметр стволов 3 см. Проективное покрытие древесного яруса 30 %. Кустарничковый ярус развит обильно на микроповышениях, общее проективное покрытие – 60–70 %. Ярус сложен *Ledum palustre L.*, *Chamaedaphne calyculata L.*, *Andromeda polifolia* и *Vaccinium uliginosum*. На вершинах кочек растет клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*). Травяной ярус имеет проективное покрытие менее 5 % и представлен куртинками *Eriophorum vaginatum L.*, *Rubus chamaemorus L.* и *Drosera rotundifolia*. В моховом покрове на повышениях доминирует *Sphagnum fuscum* Klinggr. (95 %), кроме того на межкочковых понижениях встречаются *Sph. angustifolium* и *Sph. magellanicum*.



Рис. 6. Сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз (низкий рям)

В этой точке отмечена самая большая глубина торфа – 3 м, залежь имеет смешанный топяной вид строения. Верховой торф представлен двумя видами – слабой степени разложения фускум (40 % участия) и средней степени разложения магелланикум (10 % участия) – образуют более мощный (1,5 м), чем в других пунктах пласт верхового торфа. В основании торфяной залежи лежит слой мощностью 30 см (10 % участия) хвощевого низинного торфа высокой степени разложения (50 %). Над ним более мощный слой осокового низинного торфа (40–50 %). На контакте двух пластов - верхового и низинного – располагается слой торфа переходного типа, отложенный когда-то существовавшими здесь мезотрофными растительными сообществами – древесно-осоковым и древесно-сфагновым. Наличие в торфе среди ископаемых растений значительной доли древесных остатков в мезотрофной фазе развития болота свидетельствует об уменьшении влажности и потеплении климата в этот период.

2.2.1. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Водно-физические свойства торфяных горизонтов, наряду с атмосферными осадками, рельефом и микрорельефом поверхности, являются важным фактором формирования водного режима торфяных залежей и торфяно-болотных экосистем в целом.

Различают верхний (деятельный или активный) слой торфяной залежи и нижележащий слой (инертный в биохимическом отношении). Ниже приведены значения водно-физических свойств деятельного горизонта, мощность которого на основании среднемноголетних данных составила в среднем для торфяных залежей ландшафтного профиля 42,8 см. Важнейшими характеристиками, от которых зависят многие параметры функционирования торфяных залежей, являются плотность и пористость торфа. Их значения существенно различаются в деятельном (или активном) слое и нижележащем инертном горизонте. Проведенные нами натурные исследования по определению плотности торфов верхнего горизонта на ландшафтном профиле представлены в таблице 1. Наблюдается закономерное увеличение плотности скелета торфа с глубиной.

Таблица 1

Водно-физические свойства торфов

Пункт	Глубина, см	Плотность сложения, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Пористость, %
Заболоченный лес	10	0,135	-	-
	20	0,180	-	-
Высокий рям	10	0,058	1,45	95,99
	20	0,081	1,42	94,30
	30	0,108	1,41	92,34
	40	0,113	1,45	92,22
	50	0,115	1,42	91,87
Низкий рям	10	-	-	-
	20	0,021	1,64	98,73
	30	0,032	1,62	98,03
	40	0,046	1,61	97,17
	50	0,047	1,55	96,94
Открытая топь	10	0,021	1,53	98,63
	20	0,054	-	-
	30	-	1,48	-

2.2.2. ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Общетеchnическая характеристика торфов приведена в таблице 2. В торфяной залежи п. 3 деятельный слой состоит из моховой группы, инертная часть торфяной залежи представлена низинными травяными видами. В торфяной залежи п. 2. сосредоточены переходные древесно-травяные виды торфов.

Таблица 2

Характеристика ботанического состава торфов пунктов 2 и 3

Глубина, см	Вид торфа, тип залежи	R, %	Ботанический состав	A, %
Пункт 2				
0-25	фускум, В	5	<i>Sph. balticum</i> (30%), <i>Sph. magellanicum</i> (5%), <i>Sph. angustifolium</i> (1%), <i>Sph. fuscum</i> (40%), Клюква (40%), Багульник (4%)	1,56
25-50	фускум, В	5-10	<i>Sph. fuscum</i> (35%), <i>Sph. balticum</i> (25%), <i>Sph. magellanicum</i> (5%), Клюква (25%), <i>Pinus</i> (10%)	1,19
100-125	фускум, В	10-15	<i>Sph. fuscum</i> (60%), <i>Sph. magellanicum</i> (25%), Другие сфагны (сеп. <i>Cuspidata</i>) (+) Кустарнички: багульник (15%)	1,51
275-300	фускум, В	15-20	<i>Pinus</i> (2%), Кустарнички (3%), <i>Sph. fuscum</i> (55%), <i>Sph. magellanicum</i> (40%)	1,59
475-500	фускум, В	15-20	<i>Sph. magellanicum</i> (15%), <i>Sph. balticum</i> (30%), <i>Sph. fuscum</i> (45%), <i>Sph. angustifolium</i> (5%), Кустарнички (5%), <i>Pinus</i> (+)	1,74
Пункт 3				
25-50	осоково-гипновый, Н	20	<i>Betula nana</i> (5%), <i>B. pubescens</i> (5%), <i>Carex lasiocarpa</i> (5%), <i>C. vesicaria</i> (20%), <i>Comarum palustre</i> (5%), <i>Menyanthes</i> (+), <i>Eguisetum</i> (10%), Гипновые мхи (40%)	6,20
100-125	осоково-гипновый, Н	30	<i>Betula</i> (5%), <i>Carex lasiocarpa</i> (25%), <i>C. rostrata</i> (15%), <i>C. vesicaria</i> (5%), <i>Eguisetum</i> (10%), Другие травы (5%), Мхи (30%) – <i>Drepanocladus</i> , <i>Calliergon</i>	6,41
225-240	осоково-гипновый, Н	40	<i>Betula</i> (10%), <i>Pinus</i> (2%), <i>Phragmites</i> (+), <i>Carex lasiocarpa</i> (25%), <i>C. rostrata</i> (20%), Гипновые мхи (33%)	36,30

Примечание: В – верховой тип, П – переходный тип, Н – низинный тип, R – степень разложения, A – зольность

Преимущественное развитие определенных растительных ассоциаций, сфагновых мхов – фускум, магелланикум, пушицы и осоки, обуславливает накопление разного по химическому составу органического вещества (ОВ), обладающего различной сохранностью. Степень разложения возрастает с глубиной залегания при переходе от моховых к древесным видам торфов от 5 до 65 %. Содержание золы в верховых сфагновых малообразованных торфах низкое и составляет 2,1–5,2 %. Переходные и низинные торфа характеризуются нормальной зольностью, достигающей 10,9 %. И только в подстилающих грунтах минерализация резко возрастает.

Величина рН плавно изменяется от слабокислой до кислой реакции среды от периферии к центру болотного массива. Значения солевой вытяжки с глубиной торфяных залежей изменяется от сильно кислой до кислой реакции. Гидролитическая кислотность уменьшается по профилю торфяных залежей от верхних горизонтов к нижним, а также в ряду: заболоченный лес – низкий рям. Сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями увеличиваются вниз по профилю торфяных залежей (табл. 3).

Распределение подвижного железа и алюминия по профилю торфяных залежей изменяется вместе с величиной рН: максимальное содержание их приурочено к нижней части профиля торфяных залежей, где реакция среды слабокислая. Наибольшая величина подвижного алюминия - 35,87 мг/100 г - характерна для низины торфяной залежи. Подвижный фосфор аккумулируется в верхних горизонтах торфяных залежей: от 11,37 до 32,08 мг/100 г и в нижней части профиля торфяных залежей: от 7,31 до 18,67 мг/100 г (табл. 4.).

Содержание подвижного калия также увеличивается в верхних горизонтах торфяных залежей. В торфяной залежи осоково-сфагновой топи содержание подвижного калия в верхнем горизонте составило 110,17 мг/100 г, в залежи низкого рьяма – 53,58 мг/100 г, в залежи высокого рьяма – 50,08 мг/100 г, а в низинной торфяной залежи заболоченного леса – 21,28 мг/100 г.

Незначительное повышение содержания подвижного калия в нижней части профиля верховых торфяных залежей низкого рьяма связано с изменением ботанического состава. Поскольку калий способен аккумулироваться в большей степени в хвощах, его содержание в слое 275–300 см торфяной залежи низкого рьяма увеличивается.

Таблица 3

Физико-химические свойства торфов (экстремальные значения)

Параметры	Глубина, см	Высокий рям	Низкий рям
рН сол	0-100	3,26-5,07	2,39-2,66
	100-200		2,83-3,68
	Более 200		4,18-4,54
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г	0-100	48-118	6-18
	100-200		12-52
	Более 200		70-74
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	0-100	45-84	102-111
	100-200		81-105
	Более 200		39-69
Степень насыщенности основаниями, X %	0-100	36,4-72,4	5,2-14,3
	100-200		10,0-43,0
	200-300		52,6-64,2

Содержание аммонийного азота в низинном торфе высокого рьяма изменяется от 21,50 до 44,07 мг/100 г. В более широких пределах варьирует содержание аммонийного азота в профиле торфяной залежи низкого рьяма от 1,71 до 149,48 мг/100 г сухого торфа. При этом содержание нитратного азота в несколько раз ниже, чем аммонийного и в среднем составляет 3,64–6,54 мг/100г. Изменение содержания аммонийного и нитратного азота по профилю торфяных залежей объясняется, сменой окислительно-восстановительных условий.

Таблица 4

Содержание подвижных соединений в торфах, мг/100 г с. т.

Параметры	Глубина, см	Высокий рям	Низкий рям
Fe ₂ O ₃	0-100	25,6-119,7	15,3-28,6
	100-200		16,5-31,8
	200-300		53,7-76,1
Al ₂ O ₃	0-100	8,8-29,3	3,9-6,1
	100-200		3,5-7,4
	200-300		6,9-17,49
K ₂ O	0-100	0,0-50,1	7,6-53,4
	100-200		5,2-10,1
	200-300		2,1-10,1
P ₂ O ₅	0-100	3,6-32,1	2,0-30,8
	100-200		0,4-2,8
	200-300		0,4-18,6
N-NH ₄	0-100	21,5-44,1	44,7-149,5
	100-200		35,5-89,2
	200-300		45,1-68,8
N-NO ₃	0-100	2,6-32,9	2,7-6,5
	100-200		4,4-5,5
	200-300		2,0-3,9

Примечание: с.т. – сухой торф.

Органическое вещество торфов. Сравнительный анализ состава ОВ деятельного и инертного слоев торфов олиготрофных ландшафтов, прежде всего, выявил отличие по содержанию ЛГ и ТГ веществ. С повышением степени разложения в торфе увеличивается содержание ТГ, так как при распаде органического вещества растений-торфообразователей неустойчивые соединения преимущественно минерализуются, окисляясь до CO₂ и H₂O. В низком и высоком рьямах олиготрофных ландшафтов отмечается увеличение ЛГ и ТГ в слое 50–100 см (табл. 5). Вместе с тем, увеличение содержания этих фракций ближе к зоне разгрузки вод (пункт 2 – геохимический барьер ландшафтного профиля), что свидетельствует о миграции веществ. Липиды торфов при всей своей устойчивости являются компонентами, претерпевающими в залежи заметные изменения. Количество липидов в торфах изменяется в пределах 0,2–3,9 % мас.

Повышенное содержание липидов в торфах деятельного слоя обусловлено отмершей биотой на начальной стадии торфогенеза: с увеличением степени гумификации и глубиной залегания их содержание снижается. Данная закономерность наблюдается для торфов низкого рьяма. Содержание водорастворимых компонентов торфов изменяется в пределах 0,1–1,6 5 % мас. Повышенное содержание ВР компонентов отмечено в деятельном слое во всех пунктах, однако наибольшее количество ВР отмечено в высоком рьяме (1,2–1,6 % мас.), что подтверждает наличие процесса латерального сноса веществ. Количество ГК в исследованных торфах олиготрофных ландшафтов варьирует в пределах 19–46,6 % мас. В верховых торфах низкой степени разложения содержание ГК составляет 19–33 % мас. С повышением степени разложения торфов содержание ГК увеличивается до 46,6 % мас.

Таблица 5

Групповой состав торфов в торфяных залежах пунктов 2 и 3

Глубина, см	Вид торфа	Содержание, % мас.					
		ВР	ЛГ	Липиды	ГК	ТГ	Л
Высокий рям							
0-25	Сосново-пушицевый, В	1,6	22,4	3,9	27,6	4,2	40,3
25-50	Древесно-пушицевый, П	1,6	28,3	3,6	22,7	8,1	35,7
50-75	Древесно-пушицевый, П	1,2	36,6	2,6	23,0	9,2	27,4
75-100	Древесно-пушицевый, П	0,4	32,7	0,9	39,8	11,0	15,2
Низкий рям							
0-50	Фускум, В	0,9	30,6	2,6	25,1	15,2	25,6
50-75	Фускум, В	1,2	16,6	1,7	25,2	16,4	38,9
75-100	Медиум, В	0,4	32,6	0,6	19,8	14,3	32,3
100-150	Медиум, В	0,4	33,5	1,4	19,0	10,3	35,4
150-200	Сосново-пушицевый, В	0,3	23,6	0,7	37,1	13,8	24,5
200-250	Осоковый, Н	0,3	16,3	0,2	25,2	17,2	40,8
250-300	Травяной, Н	0,1	38,6	0,2	21,2	16,0	23,9

Примечание: ВР – водорастворимые; ЛГ-легкогидролизующие; ТГ – трудногидролизующие; ГК – гуминовые кислоты; Л – лигнин; В - верховой тип залежи, П - переходный тип залежи, Н - низинный тип залежи.

Элементный состав исследованных торфов изменяется в зависимости от типа и вида торфа в следующих пределах: углерод – 43,7–57,2 %, водород – 5,2–6,6 %, азот – 0,6–3,1 %, кислород – 33,1–56,2 %. Средние значения содержания серы в различных типах торфа колеблются в пределах 0,1–0,4%. Лишь в подстиляющих глинах содержание серы увеличивается до 1,3%. С увеличением степени разложения и глубины залегания возрастает количество углерода и азота и уменьшается – кислорода.

Особенности молекулярной структуры ГК торфов. Химический состав ГК изменяется в зависимости от вида и типа торфов (табл. 6). Содержание углерода довольно высокое 55,6–59,3 % мас. Количество азота в ГК составляет 1,3–1,8 % мас., что определяется ботаническим составом и водно-минеральным питанием торфяной залежи. Содержание кислорода варьирует в узких пределах 33,7–35,8 % масс.

По вертикальным профилям торфяной залежи в составе ГК торфов отчетливо прослеживается тенденция повышения ароматических структур и снижение алифатических фрагментов. Полученное распределение возникает за счет различной начальной скорости процессов дегидратации и в дальнейшем дегидрогенизации с последующей потерей CH_3 -групп. Условия преобразования отражаются на величинах Н/С, О/С.

Таблица 6

Элементный состав и атомное отношение в гуминовых кислотах торфов

Глубина залежи, см	Ботанический состав	Содержание, % отн.				Н/С	О/С	С/Н
		С	Н	N	О			
Пункт 3								
0-50	Фускум	56,1	6,5	2,1	35,3	1,39	0,47	31,2
50-75	Фускум	57,0	6,0	2,1	34,9	1,26	0,44	31,7
75-100	Медиум	58,9	5,4	1,9	33,8	1,10	0,43	36,2
100-150	Медиум	57,9	5,4	2,5	34,2	1,11	0,44	27,0
150-200	Сосново-пушицевый	59,2	4,8	1,9	34,1	0,97	0,43	36,4
200-250	Осоковый	57,4	4,8	2,4	35,4	1,00	0,46	27,9
250-300	Травяной	57,8	5,4	1,9	34,9	1,12	0,45	35,5
> 300	Глина	-	-	-	-	-	-	-
Трансаккумулятивная часть								
0-25	Сосново-пушицевый	58,7	5,0	1,4	34,9	1,02	0,45	48,9
25-50	Древесно-пушицевый	55,6	5,7	2,9	35,8	1,21	0,46	22,4
50-75	Древесно-пушицевый	56,3	5,8	2,7	35,2	1,24	0,47	24,3
75-100	Древесно-пушицевый	57,8	4,8	2,5	34,9	0,97	0,45	26,9

Методом гель-фильтрации через сефадекс G-75 было получено молекулярно-массовое распределение ГК. Сорбирующая способность ГК зависит от присутствия в них металлов и микроэлементов. Зольность выделенных образцов ГК не превышает 5–10%, что устраняет фактор сорбируемости веществ на геле. Для регистрации оптической плотности выбрана длина волны 465 нм, при которой не проявляются примеси неспецифических соединений.

Дальнейшая гумификация в разных условиях формирует широкий набор фракций ГК. Для ГК торфов характерно молекулярно-массовое распределение, состоящее из двух областей – высоко- и низкомолекулярной. Для обеих фракций ГК всех исследованных образцов торфов характерны высокие значения оптической плотности. Оптическая плотность высокомолекулярной фракции выше, чем низкомолекулярной. Увеличение оптических плотностей свидетельствует об обогащении ГК торфов бензоидными структурами и сопряженными двойными связями при меньших размерах молекул.

По характеру молекулярно-массового распределения торфа можно подразделить на две основные группы. К первой группе относятся ГК древесно-травяного и травяного видов торфа. Для них характерно преобладание низкомолекулярной фракции. Соотношение низко- и высокомолекулярной фракций составляет примерно 3:1. Во вторую группу входят ГК мохового и травяно-мохового видов торфов. Характер молекулярно-массового распределения ГК объясняется различным генезисом торфов и зависит от их ботанического состава. Наименее полидисперсными и высокомолекулярными являются ГК торфов травяного и древесно-травяного видов.

Функциональный состав ГК торфов торфяных залежей пунктов 2 и 3 был изучен с помощью метода инфракрасной спектроскопии. Использование таблиц идентификации ИК-спектров [40] позволило интерпретировать функциональный состав ГК торфов. Максимальная интенсивность полос поглощения в спектрах ГК торфов отмечена для гидроксильных, карбонильных групп и ароматических фрагментов. Об относительном содержании функциональных групп судили по отношению оптических плотностей кислородсодержащих групп всех типов к оптическим плотностям ароматических полисопряженных связей (1610 см^{-1}) и алифатическим заместителям при 2920 см^{-1} . Поскольку наиболее информативным в данном случае является соотношение в молекуле ГК гидрофобной и гидрофильной составляющих, были рассчитаны спектральные коэффициенты. В таблице 7 приведено отношение относительных оптических плотностей полос поглощения.

Одной из основных кислородсодержащих форм в ГК торфов являются гидроксильные, карбоксильные группы, С-О-связи при 1270 см^{-1} и СО-ОН- углеводов. Относительное их содержание зависит от степени «зрелости» гуминовых кислот. Отношение оптических плотностей полос поглощения функциональных кислородсодержащих групп и алкильных заместителей к ароматическим фрагментам показало преобладание последних над алкильными (2920 см^{-1}) и С-О связями (1250 см^{-1}).

Таблица 7

Спектральные коэффициенты гуминовых кислот по данным ИК-
спектроскопии

Глубина, см	ОН ₃₄₀₀ / С=C ₁₆₁₀	С=O ₁₇₂₀ / С=C ₁₆₁₀	С=O ₁₂₇₀ / С=C ₁₆₁₀	Салк ₂₉₂₀ / С=C ₁₆₁₀	ОН ₃₄₀₀ / Салк ₂₉₂₀	С=O ₁₇₂₀ / Салк ₂₉₂₀	С=O ₁₂₇₀ / Салк ₂₉₂₀	СО ₁₀₇₀ / С=C ₂₉₂₀
Высокий рям								
0-25	0,59	1,14	0,96	0,65	1,62	1,29	1,08	0,71
25-50	0,98	1,07	0,97	0,73	1,64	1,45	1,32	0,77
50-75	0,74	1	0,9	0,77	1,46	1,29	1,22	0,62
75-100	0,6	1,06	0,84	0,69	1,36	1,54	1,4	0,86
Низкий рям								
0-50	0,66	1,14	0,87	0,82	1,62	1,42	1,08	0,87
50-75	0,57	1,11	0,89	0,89	1,44	1,24	1	0,54
75-100	0,61	1,16	0,96	0,9	1,48	1,28	1,07	0,64
100-150	0,56	1,09	1	0,78	1,32	1,4	1,27	0,83
150-200	0,54	1	0,95	0,7	1,47	1,42	1,35	0,68
200-250	0,57	1,11	0,96	0,72	1,54	1,56	1,25	0,83
250-300	0,55	1,02	0,91	0,62	1,38	1,65	1,5	0,49

Относительное количество гидроксильных групп в ГК торфов невысокое. Значение указанных показателей для ГК большинства торфов колеблется в пределах ($D_{3400}/D_{1610}=0,55-0,74$) и СО-группы углеводов ($D_{1070}/D_{1610}=0,49-0,86,$) соответственно. В макромолекулах ГК торфов преобладают карбоксильные группы над алкильными заместителями, отношение D_{1720}/D_{2920} для всех образцов торфов больше 1. Близкие значения отношений D_{1720}/D_{2920} для всех образцов ГК характеризует их как структуры с подобной системой полисопряжения и системой Н-связей. В пользу этой точки зрения свидетельствуют также данные об одинаковых значениях относительного содержания алифатических связей по отношению к ароматическим (D_{2920}/D_{1610}). Отмечены также значительные различия в спектральных коэффициентах, отображающих соотношение гидрофильной и гидрофобной составляющей в структурах ГК торфов. Полученные данные показывают, что число кислородсодержащих групп всех типов выше числа алифатических С-Н-связей. Для ГК торфов отмечено уменьшение отношений D_{3400}/D_{2920} до значений 1,52–1,64. Изменяется величина этого показателя для ГК торфов, залегающих в верхних слоях в зоне колебания грунтовых вод, очевидно, за счет протекания окислительных процессов. В целом, для всех ГК торфов пунктов 2 и 3 процесс дегидратации макромолекул превалирует над процессом деалкилирования.

Фракционный состав азота торфов. Известно, что в торфяных залежах сосредоточен большой запас азота. Однако основная часть этого азота, около 95 %, находится в форме сложных органических соединений (табл. 8). Распределение фракций органического азота по профилю торфяной залежи зависит от ботанического состава и степени разложения торфа, в которых отражаются условия формирования торфяных залежей.

Таблица 8

Фракционный состав азота торфов

Глубина	R, %	A, %	N, %	Nм	Nлг	Nтг	Nнг	Nм	Nлг	Nтг	Nнг
				мг/100 г а.с.т.				% от N _{общ}			
Заболоченный лес											
10	-	-	0,57	80,19	206,1	75,2	208,51	14,07	36,1	13,2	36,78
20	-	28,8	0,82	63,09	251,4	32	473,51	7,7	30,6	3,9	58,33
Высокий рям											
10	40	5,8	1,742	31	165,17	47,46	1498,37	1,78	9,48	2,72	86,02
20	45	5,4	1,966	55,32	215,07	46,9	1648,71	2,83	10,99	2,39	83,79
30	55	6,7	2,302	24,05	254,38	79,1	1944,47	1,04	11,05	3,44	84,47
40	60	6,5	2,201	45,56	236,03	158,2	1761,21	2,07	10,72	7,19	80,02
50	55	2,7	2,335	28,98	334,88	196,42	1774,72	1,24	14,34	8,41	76,01
60	60	6,8	2,649	61,18	270,48	51,52	2265,82	2,31	10,21	1,94	85,54
70	60	9,2	2,504	20,43	292,39	35,11	2156,07	0,82	11,68	1,4	86,1
80	65	3,2	0,678	66,51	79,57	124,31	407,61	9,8	11,72	18,3	60,18
Низкий рям											
20	5	4,5	0,823	105,68	99,98	63,28	554,06	12,84	12,15	7,69	67,32
30	0	2,5	1,11	96,35	132,71	27,95	852,99	8,75	11,95	2,46	76,9
40	0	-	1,91	30,25	188,97	74,42	1616,36	1,58	9,91	3,74	84,75
60	0	1,6	0,69	80,54	34,96	105,37	467,81	11,69	5,07	15,3	67,93
70	0	1,4	1,54	70,99	121,26	30,65	1322,8	4,59	7,84	1,98	85,58
80	5	1,5	0,823	74,64	151,15	68,99	528,22	9,07	18,37	8,38	64,18
90	5	1,6	0,969	85,93	58,33	40,76	783,98	8,87	6,02	4,21	80,9
100	5	1,7	0,82	54,3	102,13	103,42	564,14	6,59	12,41	14,6	66,3
125	-	3,3	0,98	82,79	64,6	84,67	747,94	8,45	6,59	8,64	76,32
150	-	3	1,428	80,08	107,8	73,92	1166,2	5,61	7,55	5,18	81,66
175	-	4,6	2,189	78,23	245,17	55,44	1810,16	3,57	11,2	2,53	82,7
200	-	5,5	2,98	38,42	269,56	51,71	2620,31	1,29	9,04	1,73	87,9
225	-	3,5	2,739	61,38	308,81	18,98	2349,83	2,24	11,27	0,69	66
250	-	4	2,04	44,01	347,05	5,93	1048,05	2,15	16,9	0,29	80,59
275	-	3,9	2,639	31,64	300,58	101,25	2205,53	1,19	11,38	3,84	83,59
300	-	32,2	1,809	35,11	251,33	49,28	1473,28	1,93	13,89	2,72	81,46

Примечание: N – содержание общего азота, Nм-минеральный азот, Nлг-легкогидролизуемый азот, Nтг-трудногидролизуемый азот, Nнг-негидролизуемый азот, а.с.т. – абсолютно сухой торф.

Содержание общего азота в исследуемых торфяных залежах изменяется от 0,32 до 2,98 %. Более монотонное распределение валового азота отмечается в торфяной залежи высокого рьяма от 0,57 до 1,19 %. Максимальное количество общего азота сосредоточено в профиле верховой торфяной залежи низкого рьяма – 1,29 %, в торфяной залежи высокого рьяма – 0,85 %, а в низинной торфяной залежи – 0,68 %.

Торфяная залежь низкого рьяма богаче азотом, т.к. имеет невысокую степень разложения и обогащена органическим веществом. С увеличением степени разложения уменьшается количество общего азота. Таким образом, в торфяной залежи высокого рьяма содержание общего азота несколько меньше, чем в верховых торфяных залежах низкого рьяма.

Количество минерального азота в торфяной залежи высокого рьяма изменяется от 18,42 до 70,48 мг/100 г или 2,12–12,36 % от общего азота, в торфяной залежи низкого рьяма минерального азота содержится 30–100 мг/100 г, что от общего азота составляет 1,11–25,48 %.

Результаты исследования свидетельствуют о неравномерном распределении минерального азота по профилю торфяных залежей. Классическое распределение, когда максимальное количество минерального азота аккумулируется в верхней части, постепенно уменьшаясь к нижней части профиля, наблюдается в п. 3. В высоком рьяме (п. 2) минеральным азотом обогащены как верхние, так и граничащие с минеральным грунтом горизонты. Относительно монотонное распределение минерального азота характерно для профиля верховой торфяной залежи низкого рьяма, заметны несколько пиков, что объясняется различными условиями формирования того или иного горизонта торфяных залежей. Можно предположить, что распределение азота в профиле торфяных залежей определяется, в первую очередь, условиями аэрации торфяных горизонтов. Необходимо отметить, что распределение минерального азота в профиле торфяных залежей зависит от распределения и содержания легкогидролизуемого азота, так как фракция легкогидролизуемого азота является ближайшим резервом пополнения минерального. Так, известно, что в юго-восточной части Западной Сибири минерализация азота интенсивно идет до легкогидролизуемых соединений, а дальнейшая минерализация и накопление минеральных форм азота затруднено.

Содержание легкогидролизуемого азота составляет 41–308 мг/100 г или 2–25 % от общего азота и распределено по профилю, как правило, неравномерно. Еще более сложным является распределение трудногидролизуемой фракции (6–196 мг/100 г), его повышенное содержание отмечено в залежи осоково-сфагновой топи.

Негидролизуемый азот распределен по профилю торфяных залежей также неравномерно. Отметим, что вниз по профилю торфяных залежей количество негидролизуемого азота в некоторой степени увеличивается, но его количество зависит от содержания в торфяных залежах других фракций

азота. В целом количество негидролизуемого остатка превышает содержание в торфяных залежах других фракций, достигая до 90% от общего азота.

Отношение C/N характеризует обогащенность органического вещества азотом и также колеблется в широких пределах. Средние значения отношения C/N для высокого рьяма (п. 2) составили 49, для залежи низкого рьяма (п. 3) – 30. Таким образом, при продвижении от центра к периферии болотного массива обогащенность органического вещества торфяных залежей азотом закономерно возрастает.

Микроэлементы. Содержание химических элементов (табл. 9) свидетельствуют о том, что торфяная залежь обогащена главным образом кальцием (от 660 мг/кг до 2600 мг/кг) и железом (от 490 мг/кг до 1600 мг/кг), что является характерной особенностью западносибирских торфов. Максимальное содержание этих элементов характерно для торфяной залежи высокого рьяма: Fe от 1100 до 1500 мг/кг и Ca от 1400 до 2600, причем их содержание увеличивается вниз по профилю торфяной залежи. Такой рост содержания и распределения Fe характерен, главным образом, для периферии болот. Такое же распределение характерно и для Ca.

Таблица 9

Содержание химических элементов в торфах, мг/кг

Пункт, глубина, см	Na	Ca	Sc	Cr	Fe	Co	Zn	Se	Br	Sr	Rb	Hg	Cs	La
Высокий рям														
0-25	0,09	1,4	2,4	18,1	1,1	2,8	41,4	<0,6	25,2	303	11	92,8	2,4	3,4
25-50	<0,03	1,3	2,4	18,1	1,1	4	6,9	<0,6	40,2	324	14	31,3	2,4	3,1
50-75	<0,03	2,6	3	18,3	1,5	6,2	5	<0,6	56,5	320	33	224,7	3	5,5
75-100	0,23	2,1	2	16,4	1,5	5,5	31	0,96	55,5	396	19	<20	2	3,5
Низкий рям														
0-50	0,17	0,66	1,1	20,9	0,62	2	148	0,78	33,4	84	11	72,8	1,1	3,4
50-75	0,091	0,89	0,83	15,7	1,49	1,3	124	0,5	27,6	72	<4	54,9	0,83	1,4
75-100	0,19	1,7	0,9	18,3	0,55	1,7	130	0,69	36,4	76	<4	58	0,96	2,1
100-150	<0,03	1,9	2,9	15,9	1,4	6,4	5	1,7	68,9	389	33	<2	2,9	6,3
150-200	<0,03	1,6	2,2	18,1	0,7	2,4	44,8	1,5	53,8	262	13	66,9	2,2	2,7
200-250	<0,03	2,5	1,1	13,8	1,3	3,9	60	<0,3	79,5	336	<4	68,3	1,1	2
250-300	<0,03	0,2	0,79	10,9	0,4	1,4	73,8	<0,3	66,6	123	<4	<2	0,29	3

Продолжение таблицы 9

Пункт, глубина, см	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Hf	Ta	Sb	Au	Th	U
Высокий рям												
0-25	9,9	0,26	0,23	0,17	0,32	0,032	0,6	<0,05	0,5	0,033	1	1,2
25-50	9,2	0,23	0,25	0,08	0,39	0,041	0,65	0,11	<0,04	0,024	1	1,6
50-75	15,3	1,3	0,38	0,13	0,49	0,078	0,85	<0,05	<0,04	0,075	1,4	1,1
75-100	5,1	0,76	0,35	<0,04	0,44	0,057	0,57	<0,05	<0,04	0,03	0,81	1,5
Низкий рям												
0-50	7	0,55	0,25	0,05	0,28	0,04	0,4	<0,05	0,67	0,067	0,53	<0,4
50-75	3,8	0,28	0,08	0,09	0,17	0,042	0,36	<0,05	0,2	0,17	0,34	<0,4
75-100	5,4	0,3	0,16	0,07	0,2	0,023	0,38	<0,05	0,4	0,23	0,4	<0,4

100-150	14,1	1,1	0,4	0,05	0,35	0,084	0,86	0,28	0,71	<0,007	1,2	5
150-200	7,1	0,64	0,25	0,05	0,35	0,057	0,54	<0,05	0,32	<0,007	1	<0,4
200-250	4	0,39	0,18	0,04	0,17	0,031	0,35	<0,05	0,04	0,039	0,51	<0,4
250-300	3,9	0,51	0,11	0,07	0,26	0,044	0,22	0,14	0,04	0,03	0,37	<0,4

Примечание: с.т. – сухой торф

В меньшем количестве содержатся Na, Ca, Fe, Co, Br, Sb, Cs, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Au в торфяной залежи низкого рьяма, кроме Zn, Rb, Ba, Hf, содержание которых здесь несколько выше. Обращает на себя внимание, повышенное содержание Zn (от 5 мг/кг до 124,1 мг/кг). В литературе отмечается, что уровень содержания цинка связан обратной зависимостью с насыщенностью торфа Ca, что и наблюдается в торфах ландшафтного профиля.

Из активных металлов, кроме Ca, определены Na, Rb, Cs, Ba. Самым высоким содержанием отличается Na и Ba. Среди редкоземельных элементов более высоким содержанием отличаются Ce и La. Следует отметить, что содержание Ce всегда почти в 2 раза больше, чем La, а характер распределения содержания этих элементов по глубине практически одинаков. Такая зависимость выявлена для всех торфяных залежей ландшафтного профиля. Это может быть объяснено сходством в поведении различных лантаноидов в геохимических, биохимических и других системах. Распределение содержания остальных редкоземельных элементов (Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) практически однородно по всему профилю торфяной залежи.

Содержание практически всех микроэлементов увеличивается с глубиной, за исключением Zn, Na и Cs, сконцентрированных в верхних слоях торфяной залежи, что объясняется их биогенной аккумуляцией. Содержание Cr и Co отличается равномерным распределением по профилю торфяной залежи. Содержание Co колеблется (от 10,9 мг/кг до 24,4 мг/кг) и Cr (от 1,4 мг/кг до 7,1 мг/кг).

2.2.3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Одним из информативных показателей трансформационных процессов является биологическая активность. Торфяные залежи ландшафтного профиля заселены микроорганизмами неравномерно. Из исследуемых групп так преобладающим являются аммонифицирующие микроорганизмы, что указывает на активно происходящие здесь процессы первичного разложения органического вещества (табл. 10).

Таблица 10

Численность микроорганизмов в торфах, КОЕ/1г с.т.

Группы микроорганизмов	Высокий рям	Низкий рям
Аммонификаторы, млн.	$\frac{0,99-8,0}{4,5}$	$\frac{1,3-151,2}{76,2}$
Микрооргнизмы на КАА, млн.	$\frac{0,09-7,9}{4,0}$	$\frac{0,12-171,0}{85,6}$
Аэробные разрушители целлюлозы, тыс	$\frac{12,7-185,7}{99,2}$	$\frac{0,0-464,0}{232}$
Анаэробные разрушители целлюлозы, %	$\frac{3,8-180,7}{92,25}$	$\frac{0,0-194,2}{97,1}$
Гумусоразрушающие микроорганизмы, %	$\frac{4,6-16,1}{10,35}$	$\frac{3,2-16,6}{9,9}$

Примечание: числитель – экстремальные значения, знаменатель – среднее значения

Минимальная численность этой группы микроорганизмов наблюдается в торфяной залежи высокого рьяма. Утилизаторы неорганического азота (микроорганизмы на КАА) в торфяных залежах варьируют в пределах от 86,0 тыс. КОЕ до 171,0 млн. КОЕ, при этом наименьшее их количество наблюдается в торфяной залежи высокого рьяма, а наибольшее – в торфяной залежи низкого рьяма. Содержание аэробных и анаэробных разрушителей целлюлозы в торфяных залежах значительно ниже по сравнению с выше рассмотренными группами микроорганизмов, а количество гумусоразрушающих микроорганизмов изменяется в пределах от 3,2 % до 24,15 %.

Микроскопические грибы – основные агенты деструкции растительных веществ. С целью определения направления и скорости трансформации органического вещества торфов необходима оценка запасов и таксономической структуры грибных сообществ. Рассмотрим фактор «глубины залегания торфа» на плотность микромицетных группировок. Если грибные споры обнаруживали по всему профилю исследуемых торфяников, то мицелий грибов выявляли в пределах деятельного слоя. Как правило, более высокие значения показателей обилия микроскопических грибов были приурочены к верхним слоям залежи.

Концентрация эукариотных микроорганизмов (содержание микробной биомассы, рассчитанное на грамм торфа) флуктуировала в верхнем полуметровом слое – от 2 до 44 мг/г; в метровом – от 5 до 56 мг/г; в трехметровом – от 11 до 36 мг/г торфа (табл. 11).

Таблица 11

Численность микроскопических грибов (А); запасы грибной биомассы (Б) и доля углерода грибной биомассы от общего пула углерода (В) с учетом сезонной динамики

Показатели	Мощность профиля, см	Пункты наблюдений	
		Высокий рям	Низкий рям
А, мг/г	50	13-44	2-8
	100	16-56	10-21
	300	-*	13-24
Б, кг/м ²	50	0,2-0,9	0,05-0,1
	100	0,4-1,3	0,2-0,4
	300	-	0,3-0,5
В, %	50	1-2	0,2-1
	100	0,5-1	0,4-0,8
	300	-	0,1-0,2

Примечание: * – данных не приведено, т.к. мощность торфяника 1 м.

Максимальная концентрация микромицетов была выявлена в торфяной залежи высокого рьяма, в котором большая часть (80 % от общей концентрации эукариотных микроорганизмов) микроскопических грибов была сосредоточена в верхнем полуметровом слое. В торфяных залежах, мощность которых достигает трех метров (низкий рям) микроскопические грибы были распределены по профилю более равномерно: доля выявляемых грибов от суммарной концентрации микромицетов в верхнем 50 см слое составляла в среднем 35 %, в слое 50–300 см 27 %.

Таким образом, торфяные залежи разной мощности отличались по концентрации в них микромицетов и характеру распределения грибной микробной биомассы по профилю. В маломощном торфянике суммарная концентрация эукариотных микроорганизмов была выше, чем в мощных торфяниках и сосредоточена в верхней полуметровой толще. В мощных торфяниках она была распределена по профилю равномерно.

Запасы эукариотной микробной биомассы в исследуемых торфяных залежах с учетом сезонной динамики варьировали в расчете на метр залежи – от 200 г/м² до 1,3 кг/м², в расчете на три метра залежи от 300 г/м² до 1,2 кг/м² (табл. 11). Запасы микроскопических грибов в исследуемых торфяниках (в расчете на гектар) составляют 2–13 т/га.

Структура эукариотной микробной биомассы (соотношение доли активного компонента комплекса микроскопических грибов – мицелия и неактивного – спор) в каждой залежи имела свои особенности. По всей торфяной залежи высокого рьяма доминировал грибной мицелий, кроме слоя 75–100 см. В этом слое преобладала доля грибных спор (84–100 %). В торфяной залежи низкого рьяма доминировали споры грибов, при этом в верхних слоях их доля превышала долю грибного мицелия на 10–30%, в нижних слоях доминирование спор становилось абсолютным (100 %).

Таким образом, в торфяных залежах ландшафтного профиля морфологическая структура микромицетного комплекса очень динамична. Соотношение активного и неактивного его компонентов - мицелия и спор варьировало по профилю залежи и по сезонам.

2.2.4. РЕЖИМЫ

Гидрологический. Запас воды в снежном покрове является интегральной характеристикой объема стока за весеннее половодье. Распределение снега по территории болота создает условия для удлинения периода снеготаяния, а соответственно и уменьшения максимальных расходов весеннего половодья. Процесс снеготаяния, согласно нашим исследованиям, начинается на открытых частях болотного массива - осоково-сфагновой топи и прирусловом поле, и постепенно замедляется в зоне заболоченного леса и сосново-сфагновых фитоценозов.

Неравномерность распределения снежного покрова по территории объясняется с увеличением шероховатости поверхности залесенных участков водосбора в отличие от незалесенных. В связи с этим закономерно наблюдается увеличение высоты снега в заболоченном лесу по сравнению с полем. В среднем, например, за 5 лет высота снега в поле составляла 53 см, в заболоченном лесу – 63 см. При этом распределение снега на полевом участке характеризуется значительной вариацией, что связано с перераспределением твердых осадков. В результате в понижениях местности, а также у естественных препятствий в многоснежные годы образуются большие скопления снега, величина влагозапасов которых в 1,5–4,0 раза больше по сравнению со средней величиной по исследуемой территории. Плотность же снежного покрова изменяется от 0,11 до 0,33 г/см³. Коэффициент пространственной вариации составляет 0,188.

В заболоченном лесу залегание снежного покрова более равномерное, коэффициент вариации в среднем за пять лет равен 0,125. Анализ величин запасов воды в снежном покрове в зимы со средними, так и экстремальными значениями влагозапасов в снеге показал, что максимальный запас воды в снеге равен 194 мм при средней по территории болота высоте снега 70 см, минимальный запас воды в снеге составил 81 мм при средней высоте снега 55 см.

В связи с более высокими снегозапасами в заболоченном лесу, талые воды с открытого болота вследствие более позднего таяния снега в полосе заболоченных лесов, частично расходуются на насыщение снега и верхнего слоя болот. Это, в свою очередь оказывает влияние на режим половодья.

Более чем двадцатилетние снегомерные съемки в бассейне р. Ключ на маршруте, пересекающем все характерные болотные и дренированные

урочища, позволили установить, что на болотах и в лиственных или смешанных лесах запасы воды в снежном покрове в конце зимы весьма близки по величине.

Таким образом, проведенные детальные снегосъемки позволили уточнить соотношения между характеристиками снегонакопления для различных болотных микроландшафтов, типов леса. Разница запасов воды в снеге в различных ландшафтах в основном связана с ветровым перераспределением снега. Это особенно относится к центральной части болот, занятых грядово-озерковыми комплексами, где на подветренных склонах заросших сосной гряд образуются снежные валы высотой 2-3 м, тогда как в центральных частях замерзших мочажин и озер, от нескольких десятков до 200-300 метров в поперечнике, снег местами полностью сдувается ветром.

На основании проведенных исследований по гидротермическому режиму определено, что интенсивное таяние снега на открытых участках болот с последующим таянием снега на залесенных болотах вызывает наложение “болотной” и “лесной” волн половодья, что приводит к формированию одномодального гидрографа половодья, в то время как весенне-летний период отличается синхронностью в ходе уровней болотных вод и уровней воды р. Ключ. Объем весеннего половодья определяют снегозапасы и количество осадков в период снеготаяния. Первые характеризуются значительными изменениями в годы исследований от 99 до 214 мм. Так например, во влажном году запас воды в снеге достигает 129 мм, а сумма осадков за период снеготаяния – 95 мм, формируется сток в 1,6 раза превышающий норму. Напротив, в сухой год при осадках за период половодья – 35 мм, и снегозапасах – 188 мм, объем стока - 70 мм, что в 2 раза меньше чем во влажный год.

Для оценки модуля весеннего стока с болота особый интерес представляет максимальный сток половодья р. Ключ. Хотя модуль весеннего стока, рассчитанный гидрометрическим методом по замыкающему створу р. Ключ, не представляет собой реальный сток с болота, тем не менее, таким способом может быть получена ориентировочная верхняя (завышенная) оценка для модуля стока с болота. Максимальный расход 5 % обеспеченности, рассчитанный для р. Ключ за период наблюдений 1975–2005 гг. по ряду суточных максимальных расходов, однородному по среднему и дисперсии, равен $6,77 \text{ м}^3/\text{с}$. С учётом того, что площадь водосбора р. Ключ составляет 58 км^2 , модуль максимального весеннего стока будет равен $117 \text{ л}/(\text{с} \times \text{км}^2)$.

Расчёт стока весеннего половодья с бассейна р. Ключ методом склонового стекания осуществлялся на основе ландшафтно-типологической карты масштаба 1:25000, составленной по результатам дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1:16000. Определение площадей и линейных размеров выделенных типов микроландшафтов

производилось по цифровым аналогам карты в ГИС ArcView 3.2, которые представлены на рис. 7.

По форме рисунка линий стекания можно судить о характере стока. На схеме линий стекания (рис. 7а) выделены 3 зоны: 1 – зона развитого болотного стока, 2 – зона формирования руслового стока, 3 – зона фильтрационного стока, кружки на границе контура – центры отдельных болотных массивов.

Было проведено укрупнение ландшафтно-типологической карты от видов (урочищ) к типам (рис. 7б), так как наблюдениями были охвачены не все микроландшафты. Стационарные наблюдения велись в 5 пунктах.

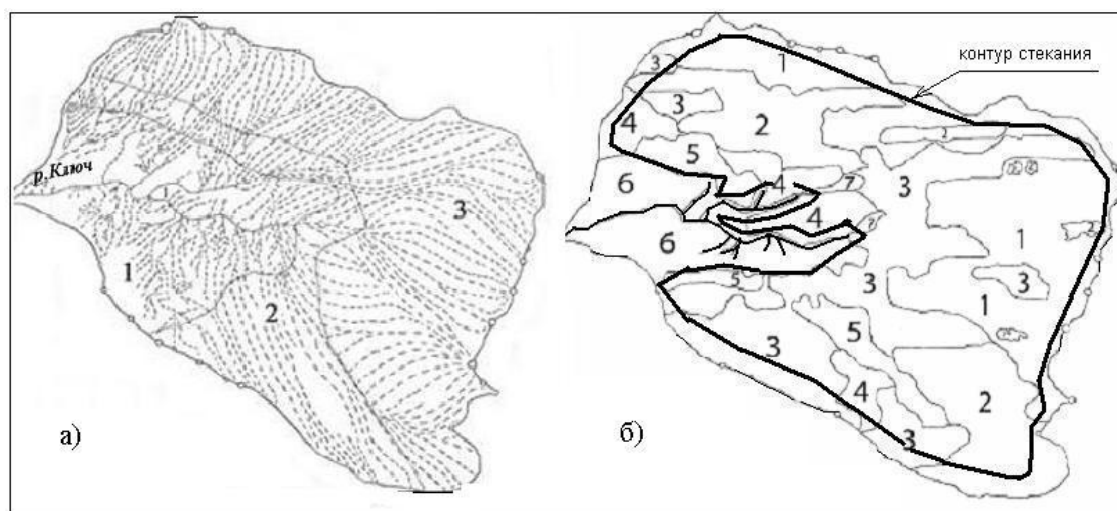


Рис. 7. Карта линий стекания (а) и укрупнённых типов микроландшафтов с контуром стекания (б) системы верховых болот в бассейне р. Ключ.

Под типом в данном случае понимается классификация по фильтрационным характеристикам, позволяющая использовать в дальнейшем табличные данные единичных расходов из [41], в случае отсутствия наблюдений за уровнем болотных вод. Были рассчитаны кривые связи единичных расходов с УБВ для каждого типа болотного микроландшафта, по рассчитанным уровням 5% обеспеченности определены проточности и вычислен максимальный сток с площади, ограниченной контуром стекания (табл. 12).

Таблица 12

Максимальные весенние расходы воды 5 % обеспеченности с пунктов 2 и 3
($S=58\text{км}^2$), л/сек

Тип микроландшафта	Длина участка спроектированно го контура, км	УБВ от рейки повышений, см	Единичный расход, л/сек*км	Полный расход, л/сек
Грядово-мочажинный комплекс	1,947	-14	15,4	29,98
Грядово-мочажинно-озерковый комплекс	9,141	-16	31,4	287,02
Высокий рям	2,629	-28	290	762,41
Низкий рям	4,884	-29	275	1343,1
Сосново-берез. слабо заболоч. угнет-й лес	2,244	-23,7	144	323,13
Всего	20,845			2745,65

Величина стока за вегетационный период определяется УБВ, амплитуда колебаний которых в целом по ландшафтному профилю составляет 61 см. В среднем УБВ в центральной части ландшафтного профиля близки к средней поверхности болота, на периферии ландшафтного профиля опускаются на 26 см ниже поверхности. На основании наших многолетних исследований разработана математическая модель формирования стока весеннего половодья р. Ключ, изложенная в [42].

Гидротермический режим. На естественных болотах активной зоной влагооборота и теплообмена служит относительно тонкий верхний слой торфяной залежи, называемый деятельным горизонтом болота. Благодаря достаточно высокой пористости верхнего слоя происходит беспрепятственное движение воды, путем инфильтрации. Потому высота стояния УБВ находится в прямой зависимости от величины поступления атмосферных осадков. Сезонные колебания УБВ обусловлены скоростью стекания снеговых вод и характером распределения жидких осадков. Неравномерность распределения снежного покрова по территории олиготрофного болота обуславливает неравномерность увлажнения и температурного режима.

Период многолетних исследований включает как влажные, так и относительно сухие годы, гидротермический коэффициент изменяется в пределах от 1,1 до 1,86. Колебание среднесезонных уровней в течение рассматриваемого периода в целом согласуется с количеством поступающих осадков. Во влажные годы наблюдаются наиболее высокие УБВ во всех микроландшафтах олиготрофного ландшафтного профиля. Сухие годы характеризуются экстремально низкими УБВ: в п. 2 УБВ снизился до 42 см, в центральной части (п.3) – до 3 см от поверхности болота.

Годовой ход уровней болотных вод характеризуется резким подъемом в период весеннего снеготаяния, низкой зимней меженью и относительно высоким стоянием в течение всего летне-осеннего периода. В течение летнего периода уровни на болоте удерживаются на достаточно высокой отметке за счет весеннего таяния снега и летних осадков. К концу летнего периода наблюдается общий спад уровней, который нарушается незначительными подъемами за счет выпадающих осадков (табл. 13).

Колебания уровней на рассматриваемых болотных микроландшафтах в основном синхронны, различны только амплитуды. Наибольшими амплитудами характеризуется высокий рям. Далее, при движении к центру болотного массива, высота стояния уровней относительно средней поверхности болота повышается, а амплитуды уровней соответственно уменьшаются.

Таблица 13

Средние уровни болотных вод, см от средней поверхности болота.

Пункт	май	июнь	июль	август	сентябрь
Высокий рям (п.2)	-16	-24	-29	-28	-29
Низкий рям (п.3)	+5	+3	+0,3	-3	-4

*Примечание: * – в см от средней поверхности болота*

По температурному режиму особо выделяется поверхностный слой 73 см, который нагревается до температуры 20-25⁰С в соответствии с температурой воздуха. Интенсивность прогревания торфяной залежи в начале вегетационного периода определяется глубиной ее промерзания в предшествующий зимний период. Известно, что средняя глубина промерзания для западно-сибирских болот не превышает 70 см.

По данным разовых определений на исследуемом олиготрофном болоте слой промерзания составляет около 80 см, который при увеличении высоты снежного покрова уменьшается. Максимальные температуры поверхности болотного массива приходятся на август месяц, минимальные – на май. По мере продвижения вглубь обнаруживается запаздывание фаз наступления экстремальных значений температуры торфяных залежей (ТЗ). Это запаздывание возрастает с глубиной. Так, в слое 100–300 см наблюдается смещение времени появления наибольшей средней за период исследований температуры торфяной залежи на сентябрь месяц. Одновременно, происходит уменьшение амплитуд колебаний температуры с глубиной для всех микроландшафтов в среднем от 6⁰С на поверхности болота до 3⁰С на глубине 300 см (табл. 14).

Анализ температурного режима ТЗ в разных пунктах ландшафтного профиля позволил выявить следующее. Температурный режим высокого и

низкого рямов характеризуется одинаковыми показателями температуры в слое 0–100 см.

Таблица 14

Температура воздуха и торфяной залежи олиготрофного болота

Температура воздуха	12,5	17,1	17,1	15,1	9,4	
Пункт	Глубина, см	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
п. 2	0-100	<u>-0,3-20,3</u> 4,9±1,39	<u>0-16,9</u> 6,78±2,26	<u>1,2-19,3</u> 9,43±1,56	<u>6,0-17</u> 10,12±0,79	<u>6-23,9</u> 9,61±1,39
п.3	0-100	<u>-5-35,9</u> 4,68±2,73	<u>-3,8-21,9</u> 7,56±1,22	<u>-3,6-31,9</u> 9,89±0,50	<u>0,7-24,1</u> 10,3±0,66	<u>2,2-35,1</u> 10,43±0,85
	100-200	<u>1,7-7,9</u> 3,35±1,22	<u>2,3-7,9</u> 4,3±0,43	<u>3-8,9</u> 5,92±0,50	<u>3,6-9,1</u> 7,04±1,2	<u>4,8-10,4</u> 8,29±0,95
	200-300	<u>2,9-7,2</u> 4,78±0,88	<u>2,6-6,1</u> 4,65±0,70	<u>2,4-8</u> 5,05±0,23	<u>2,9-8,2</u> 5,8±0,93	<u>4,4-9,7</u> 6,45±1,28

Примечание: в числителе - экстремальные значения, в знаменателе – среднее ± стандартное отклонение

Для всего болотного массива отмечены значительные колебания температуры поверхностного слоя: высокий рям: -0,3...+23,9 °С, низкий рям: -5...+35,9 °С.

Окислительно-восстановительный режим (ОВП). ОВП служит мерой напряженности окислительно-восстановительных процессов, а его уровень отражает преобладание процессов окисления или восстановления. На профильное распределение ОВП влияет влажность торфа, активность микрофлоры, содержание органического вещества и реакция среды, степень разложения торфа. Граница смены окислительных процессов на восстановительные (переход $Fe^{3+} \leftrightarrow Fe^{2+}$), находится в интервале значений ОВП от 450 до 350 мВ.

ОВП в исследуемых торфяных залежах изменяется от -182 до +1188. В целом, отмечается закономерное снижение ОВП с глубиной. При этом во всех пунктах наблюдений отмечается четкая дифференциация торфяной залежи на горизонты: верхний с высокими величинами ОВП и преобладанием окислительных процессов; переходный, с чередующимися значениями и нижний с четким преобладанием восстановительных условий в залежи.

Рассмотрим динамику ОВП на каждом пункте наблюдений. Так, в п. 2 (высокий рям) в слое 0–30 см значения ОВП постепенно возрастали вместе со снижением УБВ до 1 августа, сохраняя далее высокие показатели (+620 до +967 мВ) до конца вегетационного периода. Резкое падения УБВ и минимальное количество осадков в начале августа привело к увеличению окислительно-восстановительного потенциала до глубины 70 см. Следует отметить, что горизонт с переменной окислительно-

восстановительной обстановкой практически не выделяется на протяжении всего периода вегетации

Закономерности профильного распределения и динамика ОВП торфяной залежи п. 3 характеризуются следующими особенностями: зона окислительных процессов прослеживается на глубине 0–30 см в течение всего вегетационного периода. Падение УБВ в августе и сентябре привело к появлению в этом слое резко окислительных условий (от +800 до +1188 мВ), а также продвижение этой зоны вниз по профилю до глубины 60 см. Устойчивые восстановительные условия в слое 30–265 см прослеживаются на протяжении всего вегетационного периода наблюдений. Выделяются лишь отдельные локальные участки в середине толщи залежи и ближе к подстилающей породе.

Гидрохимический режим. Болотные и речные воды в своем химическом составе содержат гидрокарбонат ионы в количестве 28,1 77,3 в п.3 и 61,0–69,6 мг/л в р.Ключ. Содержание ионов Ca^{2+} варьировало от 20,0 до 38,1 для болотной и от 12,0 до 47,5 мг/л для речной воды, а пик содержания Ca^{2+} и для болотной, и для речной воды приходится на июль-август. Концентрация ионов кальция в речной воде в период с июля по сентябрь была выше, чем в болотной воде (рис. 8).

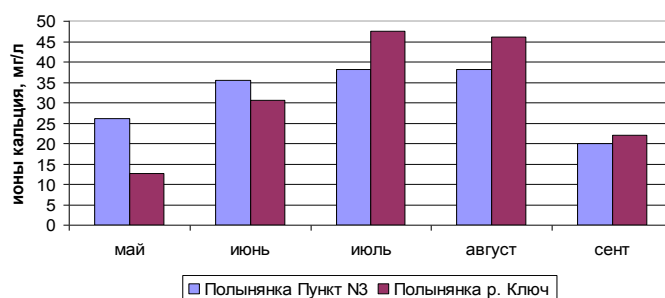


Рис. 8. Содержание ионов кальция в болотной и речной воде, мг/л

Содержание $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в исследуемых водах существенно увеличивается в июле, а второй пик наблюдается в сентябре. В речной воде железа больше, чем в болотной.

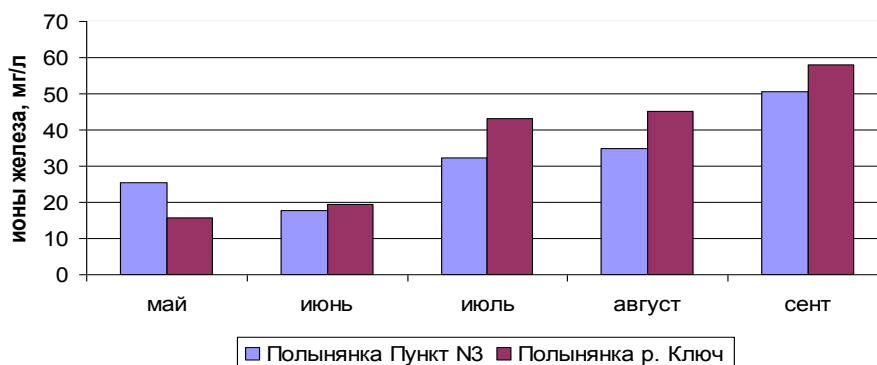


Рис. 9. Содержание железа общего в болотной и речной воде, мг/л

Болотные и речные воды обогащены веществами гумусовой природы. Значения ХПК изменяются в пределах 100,8–224,0 мг/л для болотных и 57,6–223,2 мг/л для речных вод. По литературным данным ХПК для болотных вод олиготрофных болот составляет 91,0–280,0 мг/л.

Содержание гуминовых кислот варьировало от 4,7 до 11,5 и от 3,8 до 20,0 мг/л для болотных и речных вод соответственно. Фульвокислоты характеризовались экстремальными значениями 36,3–56,0 мг/л для болотных и 39,6–75,4 мг/л для речных вод. Максимальное количества гуминовых и фульвокислот для болотной воды отмечалось в июне, для речной - в августе, в сентябре содержание гуминовых и фульвокислот уменьшилось и содержание их в речной и болотной воде стало одинаковым. Хорошая растворимость фульвокислот по сравнению с гуминовыми кислотами является причиной их более высоких концентраций в болотных водах (рис. 10).

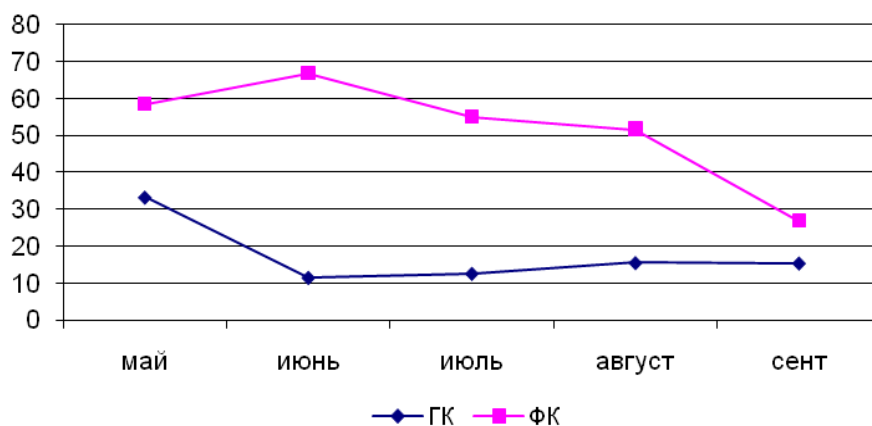


Рис. 10. Содержание гуминовых и фульвокислот в болотной воде, мг/л

Особенности подстилающих пород исследуемой территории способствовали формированию олиготрофного болота с более богатым минеральным питанием и, соответственно, своеобразным составом болотных вод. Характеристики химического состава болотных и речных вод в течение вегетационного периода имели определенную закономерность: в период с июля по сентябрь в речной и болотной воде возрастает концентрация NO_3^- , Ca^{2+} и $\text{Fe}_{\text{общ}}$, причем количества данных ионов в речной воде выше, чем в болотной. Болотные и речные воды обогащены веществами гумусовой природы, особенно отмечается высокое содержание фульвокислот. Химический состав болотной р. Ключ формируется за счет талых, дождевых и болотных вод и представляет собой осредненные значения компонентов этих вод.

Газовый режим. Исследования газового состава за три года показали, что наибольшая концентрация диоксида углерода в торфяных залежах по всему ландшафтному профилю отмечается в сухие годы (0,08–2,65 ммоль/л), примерно в 1,5–2 раза превышая уровень других лет.

Концентрация диоксида углерода в нижних горизонтах торфяных залежей в 1,5-2 раза превышает концентрацию CO_2 в поверхностных горизонтах. Исключение составляют торфяная залежь высокого рьяма, в которых концентрация диоксида углерода практически одинакова, что объясняется высокой численностью целлюлозоразрушающих микроорганизмов и подтверждается наличием корреляционных связей между содержанием целлюлозоразрушающих микроорганизмов и концентрацией диоксида углерода ($r=0,97$). Корреляционный анализ выявил также высокую зависимость между концентрацией диоксида углерода и численностью аммонификаторов ($r=0,76$) в торфяных залежах низкого рьяма.

Наибольшие концентрации CO_2 в профиле торфяных залежей отмечается в июле (в среднем – 1,8 ммоль/л); в низком рьяме, а в торфяной залежи высокого рьяма в августе (3,7 ммоль/л) (рис. 11). Образование большего количества диоксида углерода в торфяной залежи высокого рьяма в августе, а в двух других торфяных залежах в сентябре, вероятно, объясняется более быстрым прогреванием этой торфяной залежи. Корреляционный анализ показал наличие зависимости между концентрацией диоксида углерода и температурой торфяных залежей ($r = 0,99$).

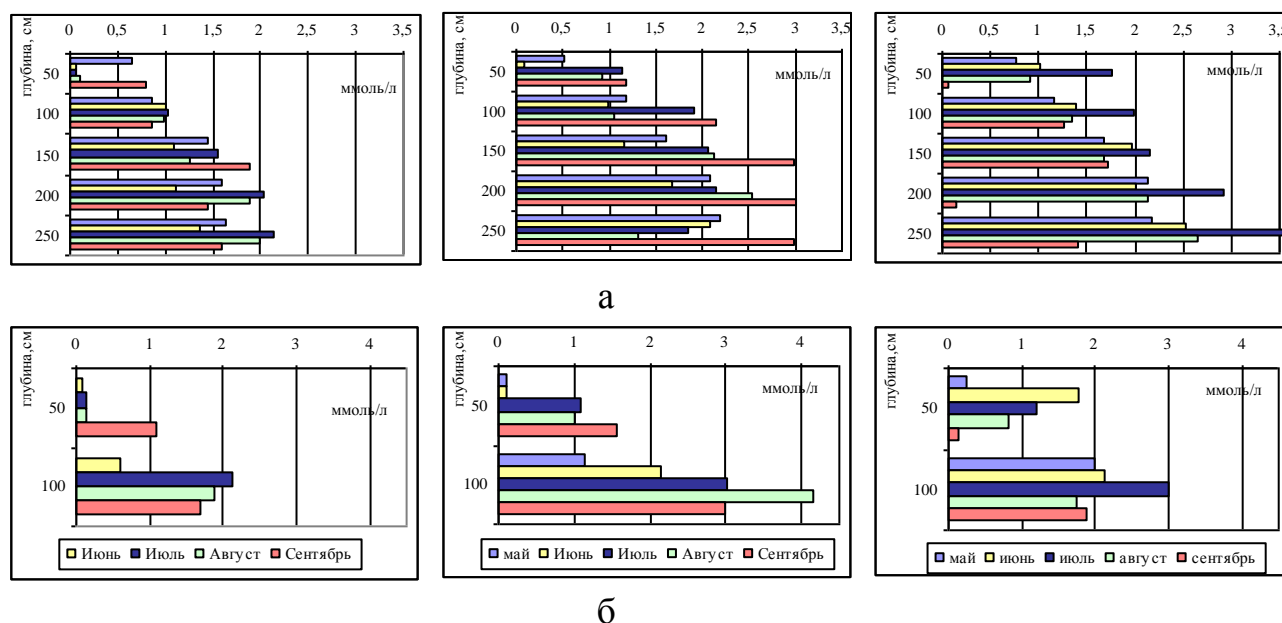


Рис. 11. Концентрация CO_2 в торфяных залежах ландшафтного профиля в разные годы исследований: а) торфяная залежь низкого рьяма; б) торфяная залежь высокого рьяма

Наибольших значений концентрация диоксида углерода в профиле торфяных залежей и его эмиссия достигают в сухие годы. (50–170 $\text{mgCO}_2/\text{m}^2\text{час}$). Средние по ГТК годы характеризуются эмиссией (10–108

мгСО₂/м²час). Для всех ТЗ ландшафтного профиля была выявлена обратная зависимость между уровнем болотных вод и выделением диоксида углерода. Интенсивность выделения СО₂ олиготрофными торфяными залежами достоверно определяется температурой горизонта 0–50 см.

Образующийся в результате трансформации органического вещества торфов метан эмиссирует в атмосферу, но некоторая его часть окисляется метанотрофными микроорганизмами, которые образуют около поверхности бактериальный фильтр. Рассмотрим особенности распределения метанотрофов в профиле торфяных залежах ландшафтного профиля. Наибольшее содержание метанотрофов отмечается в торфяных залежах низкого и высокого рямов (соответственно, среднее – 210 и 180 тыс. КОЕ/г, при экстремальных значениях: 190 – 260 тыс. КОЕ/г и 130 – 220 тыс. КОЕ/г).

Наименьшей численностью метанотрофов характеризуются сухие годы (от 130 до 230 тыс. КОЕ/г), при этом изменения численности по отдельным месяцам незначительны. В условиях более теплого температурного режима торфяных залежей ландшафтного профиля происходит повышение численности метанотрофов в 1,5 раза. Проведенный статистический анализ показал, что в исследуемых почвах существует зависимость между численностью метанотрофов и температурой торфяной залежи ($r=0,99$).

Концентрация метана в профиле торфяных залежей ландшафтного профиля с глубиной увеличивается (рис. 12). При снижении УБВ и формированием на этой глубине аэробной зоны в торфяной залежи высокого рьяма метан не образуется. В профиле торфяной залежи низкого рьяма метан наибольших концентраций достигает в июле (от 0,11 до 0,56 ммоль/л) и сентябре (от 0,09 до 0,49 ммоль/л), при высоких УБВ. В средний по ГТК год увеличение концентрации метана в профиле торфяных залежей отмечалось в летние месяцы июнь (0,11–0,52 ммоль/л) и июль (0,16–0,43 ммоль/л). В сухие годы значительные изменения концентрации метана отмечались в слоях 0–50 и 50–100 см, что объясняется колебанием УБВ и, следовательно, изменением границы аэробно-анаэробной зоны. В этих горизонтах наиболее низкие концентрации метана были зафиксированы в июле (0,00–0,09 ммоль/л). В более глубоких почвенных горизонтах концентрация метана по отдельным месяцам изменялась незначительно, что характерно для всех торфяных залежей пунктов исследования.

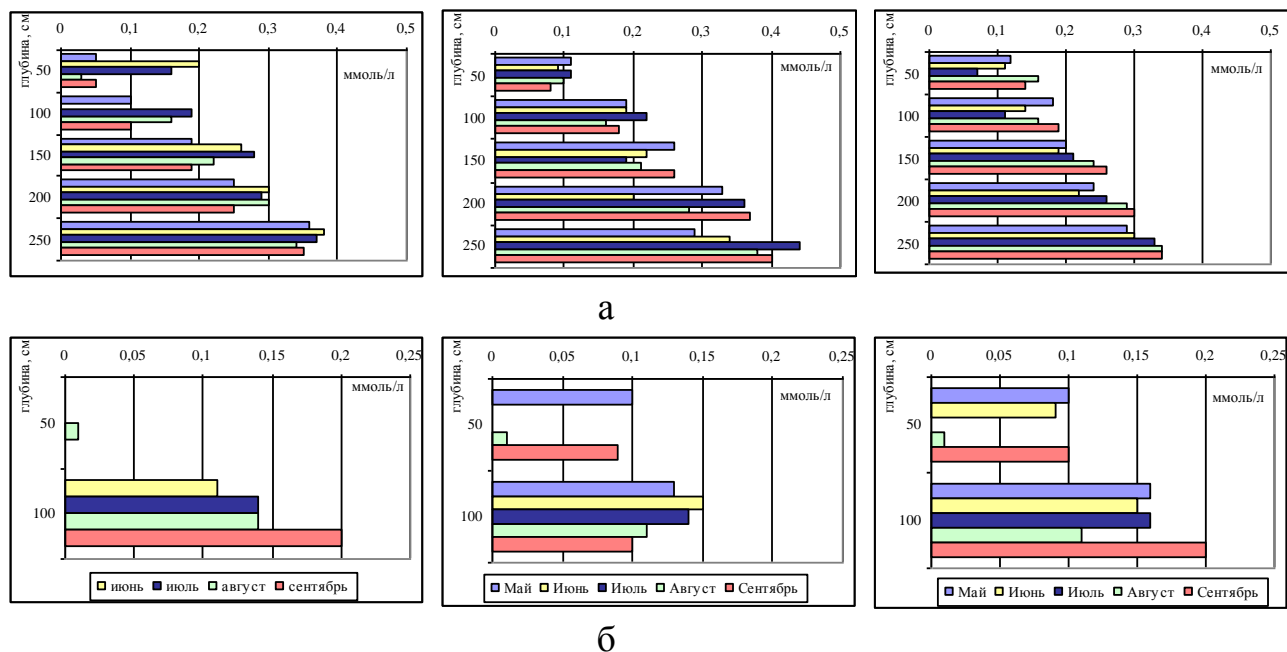


Рис. 12. Концентрация CH_4 в торфяных залежах ландшафтного профиля в разные годы исследований: а) торфяная залежь низкого рьяма; б) торфяная залежь высокого рьяма

Наибольших значений эмиссия метана достигает во влажные годы (3,2–11,8 $\text{мгCH}_4/\text{м}^2\text{ч}$), далее следует средний год (1,2–8,6 $\text{мгCH}_4/\text{м}^2\text{час}$) и сухой год (0,7–9,3 $\text{мгCH}_4/\text{м}^2\text{час}$). Для ТЗ ландшафтного профиля наблюдается прямая зависимость между уровнем болотных вод и выделением CH_4 в атмосферу. Снижение УБВ приводит к уменьшению выделения метана. Как и эмиссия диоксида углерода, интенсивность выделения CH_4 олиготрофными торфяными залежами достоверно определяется температурой горизонта 0–50 см ($r=0,81$), а также численностью метанотрофов ($r=0,92$).

Эмиссия CO_2 . К биологическим режимам можно также отнести особенности эмиссии углекислого газа с поверхности торфяной залежи. Известно, что выделение CO_2 характеризует функциональное состояние экосистемы в целом, интенсивность выделения зависит от почвенных и погодных условий, физиологического состояния растений и микробных сообществ, видового состава и густоты растительного покрова, температуры поверхностного слоя торфяной залежи, уровня болотных вод.

В процессе торфообразования основная масса углерода, поступившая с растительным веществом, минерализуется в аэробных условиях деятельного слоя торфяной залежи. Совместный результат работы аэробных и анаэробных микроорганизмов определяет выделение из торфяной залежи CO_2 . Исследования на ландшафтном профиле, который отражает разные стадии развития болотных БГЦ, позволяет проследить закономерности эмиссии CO_2 как результат процесса трансформации органического вещества торфов на разных стадиях развития болотного массива.

Исследование эмиссии CO_2 показало, что в целом по ландшафтному профилю наблюдается снижение интенсивности выделения CO_2 от высокого рьяма к низкому рьяму, средние значения интенсивности выделения CO_2 за многолетний период наблюдений составили в пунктах 2, 3 и 5–133,77 $\text{мг/м}^2\text{ч}$ (рис. 13).

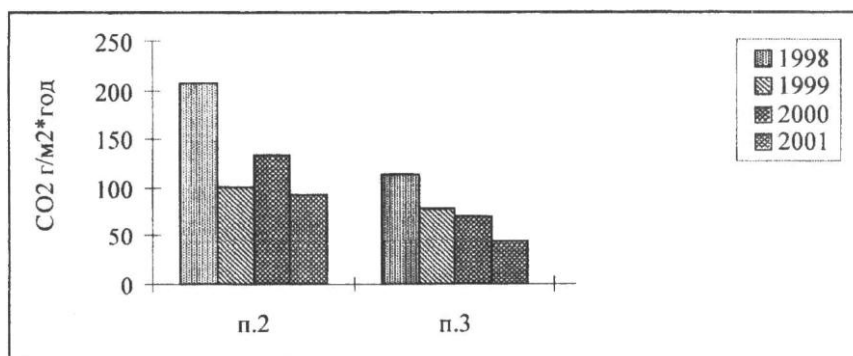


Рис. 13. Эмиссия CO_2 в разных БГЦ, средние за год.

Примечание: п. 2 – высокий рьям, п. 3 – низкий рьям

Это объясняется тем, что для высокого рьяма характерен более низкий уровень болотных вод и, следовательно, большая зона аэрации, что способствует более быстрому прогреванию этого слоя. На открытой топи УБВ подходят близко к поверхности, что затрудняет газообмен и снижает активность биохимических процессов и, как следствие, снижает интенсивность выделения CO_2 .

Общая для всех БГЦ тенденция динамики выделения CO_2 в течение вегетационного сезона заключается в увеличении интенсивности выделения CO_2 , к середине июля, в дальнейшем происходит ее снижение, что определяется гидротермическими условиями. В мае низкая интенсивность выделения CO_2 обусловлена высоким уровнем болотных вод. Кроме того, интенсивному выделению углекислого газа может препятствовать мерзлый слой. В июне увеличение активности выделения CO_2 происходит вследствие снижения УБВ. В июле наблюдается высокая температура воздуха и, как следствие, значительное прогревание деятельного слоя торфяной залежи, а также практически полное отсутствие осадков, что при достаточной влажности торфа способствует более интенсивному выделению CO_2 . В августе за счет выпадения осадков и снижения температуры воздуха интенсивность выделения CO_2 значительно снижается. Сентябрь из-за низких температур характеризуется низкой интенсивностью выделения диоксида углерода.

Особый интерес представляет оценка суммарного потока CO_2 за вегетационный период. За период наблюдений максимальный суммарный поток CO_2 получен из ТЗ высокого рьяма (90 $\text{гС/м}^2\text{год}$) (рис. 14)

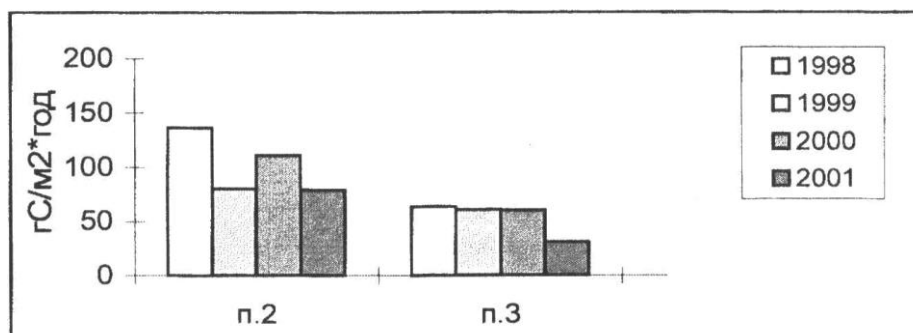


Рис. 14. Суммарный поток CO_2 на разных биогеоценозах
Примечание: п.2 – высокий рям, п.3 – низкий рям

Суммарный поток CO_2 из болотных БГЦ в атмосферу в значительной степени определяется гидротермическими условиями года. Так, наибольший суммарный поток CO_2 во всех БГЦ ландшафтного профиля наблюдался в сухие годы, за исключением п. 2, где максимум приходится на влажные годы. Согласно исследованиям суммарный поток CO_2 в среднем по БГЦ ландшафтного профиля составляет $229 \text{ гCO}_2/\text{м}^2\text{год}$ (или $62 \text{ гC}/\text{м}^2\text{год}$), что в два раза ниже ежегодного поступления углерода в виде фитомассы растений.

2.3. УЧАСТОК ОСУШЕНИЯ НА ОТРОГАХ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА»

Участок занимает отроги Васюганского болота. Общая площадь 18000 га. В 1973–1979 гг. в северной части было проведено осушение на площади 4000 га с целью лесомелиорации. Расстояние между каналами - 150 м, проектная норма осушения 0,6 м.

Торфяная залежь представлена верховыми моховым, смешанным и переходным топяными видами. Наиболее распространены следующие виды торфа: фускум, магелланикум, осоковый переходный и комплексный.

Фитоценоз осушенного участка представлен сосново-кустарничково-сфагновой растительностью и характеризуется как низкий рям. Микрорельеф кочковатый, моховые кочки у приствольных повышений и сфагновые подушки высотой 0,3–0,5 м и диаметром 0,2–1,5 м занимают 50–60% площади. Древесный ярус формируется сосной высотой до 2–3 м, с диаметром стволов 2–5 см, проективное покрытие 40 %. В напочвенном покрове обильны багульник, кассандра, голубика (80 %). В травяном ярусе участвует пушица (10–15 %). В моховом покрове преобладает *Sphagnum fuscum* Klinggr. – 80 %. Встречаются пятна лишайников, занимающие до 20 % поверхности. Мощность торфяной залежи 2,5 м. Залежь практически однородна до 2 м и сложена фускум торфом. Нижнюю часть профиля составляет переходный торф моховой и травяной групп. Для проведения

исследований было выбрано 2 пункта наблюдений: на лесомелиорации и на естественной залежи, не подвергнутой мелиорации.

2.3.1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Состав органического вещества. Результаты группового и фракционного состава органического вещества позволяют провести анализ влияния лесомелиорации на состав органического вещества.

Согласно полученным данным (табл. 15) содержание общего углерода в осушенной торфяной залежи в верхнем слое торфяной залежи увеличилось по сравнению с естественной торфяной залежью.

Таблица 15

Состав органического вещества торфов

Глубина, см	Вид торфа	R, %	C _{общ} , %	ГК1	ГК2	ГК3	ΣГК
				% от общего углерода			
Естественная залежь							
0-25	Фускум-торф	5	42,78	2,86	2,08	8,04	12,80
25-50	Фускум-торф	10	36,10	3,54	1,61	18,50	23,65
50-75	Фускум-торф	15	38,65	4,11	1,01	16,40	21,52
75-100	Фускум-торф	5	42,24	3,50	0,82	17,14	21,46
100-125	Фускум-торф	15	44,05	6,35	4,99	8,40	19,74
125-150	Ангустифолиум торф	15	42,99	8,09	2,51	9,42	20,02
150-175	Ангустифолиум торф	25	49,70	6,62	4,24	9,31	20,17
175-200	Пушицево-сфагновый	30	48,89	23,47	6,06	11,76	41,29
200-225	Пушицево-сфагновый	30	49,27	25,02	7,26	16,13	48,41
Осушенная залежь							
0-25	Фускум-торф	5	49,93	4,42	3,78	5,00	13,20
25-50	Фускум-торф	5	44,70	4,03	3,50	6,73	14,26
50-75	Фускум-торф	5	40,99	5,00	2,11	8,78	15,89
75-100	Фускум-торф	5	46,55	3,29	5,15	6,44	14,88
100-125	Магелланикум	5	50,06	3,54	2,49	7,75	13,78
125-150	Пушицево-сфагновый	10	39,78	8,39	6,63	10,43	25,45
150-175	Магелланикум	20	42,76	10,92	6,66	9,94	27,52
175-200	Древесно-осоковый	35	47,26	21,26	12,81	14,19	48,26
200-225	Древесно-травяной	40	46,85	28,70	14,44	18,29	61,43

Продолжение таблицы 15

Глубина, см	Вид торфа	ФК1А	ФК1	ФК2	ФК3	ΣФК	ЛГ	ТГ	НГ	ГК/ФК
		% от общего углерода								
Естественная залежь										

0-25	Фускум-торф	0,74	0,65	1,19	8,18	10,76	1,94	13,47	61,03	1,88
25-50	Фускум-торф	1,05	0,31	1,35	7,23	9,94	2,16	17,42	46,83	2,38
50-75	Фускум-торф	0,70	0,07	1,43	5,04	7,24	1,45	14,56	55,23	32,90
75-100	Фускум-торф	0,66	0,14	1,33	5,44	7,57	1,35	15,34	54,28	2,83
100-125	Фускум-торф	1,27	0,30	5,52	4,80	11,89	3,19	8,57	56,67	1,65
125-150	Ангустифолиум торф	1,32	0,53	6,19	4,53	12,57	3,49	15,49	48,43	1,59
150-175	Ангустифолиум торф	1,27	1,00	10,96	3,98	17,21	3,12	20,99	37,51	1,17
175-200	Пушицево-сфагновый	1,16	0,98	3,82	3,71	9,67	3,99	21,49	21,56	4,26
200-225	Пушицево-сфагновый	1,15	1,03	4,87	3,40	10,45	4,38	23,37	11,39	4,63
Осушенная залежь										
0-25	Фускум-торф	1,47	0,43	6,35	2,34	10,59	4,21	8,60	63,70	1,25
25-50	Фускум-торф	1,53	0,34	5,84	2,00	9,51	3,34	9,40	63,49	1,50
50-75	Фускум-торф	1,64	0,44	7,59	1,09	10,76	2,84	10,67	59,84	1,48
75-100	Фускум-торф	1,40	0,28	6,59	0,56	8,83	3,14	14,91	58,24	1,69
100-125	Магелланикум	1,24	0,332	6,49	0,32	8,37	2,89	14,36	60,60	1,64
125-150	Пушицево-сфагновый	1,71	0,30	8,27	1,76	12,04	4,57	15,73	42,22	2,11
150-175	Магелланикум	1,40	0,58	6,94	2,58	11,77	3,04	17,02	40,65	1,34
175-200	Древесно-осоковый	1,30	1,03	6,06	1,32	9,71	2,57	20,89	14,57	4,90
200-225	Древесно-травяной	1,34	0,97	6,16	1,54	10,04	2,77	21,45	4,31	6,12

Распределение гуминовых и фульвокислот по фракциям осушенной торфяной залежи отличается от естественной, но состав гумуса остается гуматным. Отношение увеличивается Скг:Сфк вниз по профилю (табл. 15) Фракционный состав гуминовых кислот осушенной торфяной залежи имеет ту же закономерность, что и естественной. Доминирующей является фракция 3. Однако в отличие от естественной, в осушенной залежи наблюдается равномерное увеличение этой фракции вниз по профилю (до 18,29 %). Вторая фракция ГК отличается высокими показателями в осушенной торфяной залежи и накоплением в нижней части профиля (14,44 %). В естественной торфяной залежи в верхних слоях процесс образования гуминовых кислот идет очень медленно, а в осушенной этот процесс ускоряется. При осушении образуется больше свободных гуминовых кислот, особенно это заметно в нижней части профиля.

В результате осушения произошли изменения во 2 и 3 фракциях фульвокислот. Остальные фракции (1 и 1а) значительных различий не имеют. Таким образом, при осушении произошли изменения в распределении фракций, групповой же состав не изменился.

Фракционный состав азота. Содержание минерального азота при осушении изменилось мало. При этом в осушенной торфяной залежи количество легкогидролизуемого азота уменьшилось. Такое резкое уменьшение данной фракции в верхних слоях осушенной торфяной залежи

может быть связано с интенсивным произрастанием древесных насаждений(табл. 16).

Таблица 16

Фракционный состав азота торфов

Глубина, см	N	N _{мин}	N _{лг}	N _{тг}	НГО	N _{мин}	N _{лг}	N _{тг}	НГО
Естественная залежь									
0-25	0,71	11,76	268,24	24,58	376,84	1,66	37,99	3,48	56,86
25-50	0,81	8,18	271,54	38,97	495,31	1,00	33,35	4,79	60,85
50-75	0,87	10,98	292,54	25,13	545,31	1,26	33,47	2,84	62,39
75-100	1,10	14,34	286,10	34,85	747,71	1,32	26,42	3,22	69,04
100-125	1,24	18,20	280,56	53,96	844,74	1,92	21,99	5,92	70,17
150-175	1,31	19,74	274,51	106,61	910,74	1,50	20,94	8,13	69,42
175-200	1,43	13,34	276,70	145,34	1001,62	0,99	19,24	10,11	69,65
200-225	1,46	11,48	278,04	188,51	982,97	0,78	19,03	12,90	67,28
Осушенная залежь									
0-25	1,10	18,73	35,26	473,6	1102	1,70	3,20	42,98	52,12
25-50	1,12	8,55	34,8	587,09	1125	0,76	3,10	52,18	43,96
50-75	1,25	14 8 ⁷	35,22	571,60	1258	1,18	2,80	45,44	50,58
75-100	1,58	20,60	33,34	608,14	1587	1,30	2,10	38,32	58,28
100-125	1,34	25,09	287,39	206,77	816,76	1,88	21,51	15,47	61,13
150-175	1,39	29,46	279,16	369,35	770,03	1,71	19,16	22,25	53,18
175-200	1,44	28,28	288,34	42261	740,77	2,03	19,28	25,51	50,05
200-225	1,48	17,14	281,68	477,96	774,22	1,91	19,48	28,55	-

Примечание: N - содержание общего азота, %; N_м - минеральный азот; N_{лг} - легкогидролизующий азот; N_{тг} - трудногидролизующий азот; НГО - негидролизующий остаток.

Содержание трудногидролизующего азота при осушении увеличивается, а содержание негидролизующего остатка уменьшается, что определяется интенсивной гумификацией растительных остатков при осушении.

Таким образом, можно отметить, что при осушении верховой торфяной залежи происходят значительные изменения в распределении азотистых соединений только во фракциях легкогидролизующего и трудногидролизующего азота. Общее же содержание азота постоянно и практически не зависит от осушительных мероприятий.

2.3.2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В микробных пейзажах осушенной торфяной залежи присутствуют как бактерии, так и бациллы, что отражает антропогенный характер воздействия. Рассмотрим некоторые группы микроорганизмов (табл. 17).

Таблица 17

Численность микроорганизмов в торфах, КОЕ/ г.с.т.

Группы микроорганизмов	Осушенный залежь			Естественная залежь		
	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
Аммонификаторы, млн.	<u>0,06-112,8</u> 56,4	<u>2,6-10,9</u> 6,7	<u>0,03-0,6</u> 0,31	<u>0,3-51,3</u> 25,8	<u>2,3-33,7</u> 18,0	<u>0,02-0,47</u> 0,24
Микроорганизмы на КАА, млн.	<u>0,55-297,6</u> 149,1	<u>3,0-74,2</u> 38,6	<u>0,02-0,66</u> 0,34	<u>0,51-84,9</u> 42,7	<u>4,3-34,5</u> 19,4	<u>0,08-0,75</u> 0,42
Аэробные разрушители целлюлозы, тыс.	<u>2,8-15,3</u> 9,1	<u>0,66-37,9</u> 19,3	<u>0,003-0,014</u> 0,009	<u>6,0-7,7</u> 6,85	<u>0,6-21,3</u> 10,9	<u>0,001-0,003</u> 0,002
Анаэробные разрушители целлюлозы, тыс.	<u>0,06-3,9</u> 2,0	<u>0,11-2,03</u> 1,1	<u>0,006-0,06</u> 0,033	<u>0,91-1,1</u> 1,0	<u>0,1-0,37</u> 0,24	<u>0,005-0,25</u> 0,13
Гумусоразрушающие микроорганизмы, %.	<u>0,0-7,3</u> 3,65	<u>0,0-1,2</u> 0,6	<u>0,9-17,1</u> 9,0	<u>2,8-11,9</u> 7,35	<u>0,0-5,1</u> 2,55	<u>4,3-10,7</u> 7,5

Примечание: с.т. – сухой торф

Доминирующее положение в микробоценозе занимает зимогенная и олиготрофная группировки. Разложение органического вещества происходит при участии главным образом аммонификаторов, разрушителей безазотистого органического вещества. В меньших количествах представлены аэробные и анаэробные разрушители целлюлозы. По обогатенности торфяной залежи микроорганизмами они относятся к высшей градации по шкале Д.Г. Звягинцева – «очень богатым» микроорганизмами. Численность микроорганизмов подвержена сезонной динамике. Так, например, аммонификаторов на осушенном участке содержится значительно больше в мае. Осушение торфяной залежи привело к увеличению содержания разрушителей целлюлозы, в то время как количество гумусоразрушающей микрофлоры выше в торфяной залежи естественного участка.

2.3.3. РЕЖИМЫ

Гидротермический и окислительно-восстановительный режимы.

Исследование гидрологического режима показало, что на исследуемых участках УБВ отличаются незначительно: во влажные годы разница между средним уровнем болотных вод составляет 3–4 см, в сухие годы это значение может достигать 7–8 см. Температурный режим отличается незначительно.

Исследование окислительно-восстановительного режима показало, что для участка лесомелиорации справедливы те же закономерности, выявленные для торфяной залежи ландшафтного профиля: закономерное снижение ОВП с глубиной с четкой дифференциацией торфяной залежи на 3 горизонта: верхний, с высокими величинами ОВП и преобладанием окислительных процессов, совпадающий по мощности с деятельным

горизонтом; переходный, с неустойчивыми значениями и нижний, с преобладанием резко восстановительных условий в залежи (табл. 18).

Таблица 18

Окислительно-восстановительный потенциал торфяной залежи, мВ

Глубина	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Осушенная залежь					
0-10	677	718	778	755	745
10-20	482	581	732	727	705
20-30	228	369	440	415	406
30-40	-42	-82	-51	-83	-88
40-50	-19	-97	-74	-89	-110
50-60	-4	-73	-67	-90	-107
60-70	40	-48	-48	-91	-100
70-80	32	-33	-53	-105	-112
80-90	45	-79	-76	-114	-140
90-100	77	-12	-29	-78	-114
Естественная залежь					
0-10	547	499	671	863	697
10-20	794	753	771	660	788
20-30	222	191	204	230	229
30-40	178	736	238	240	237
40-50	164	142	153	150	135
50-60	-66	-28	-41	-69	-70
60-70	-18	-24	-34	-43	-41
70-80	-140	-135	-114	-120	-126
80-90	-140	-80	-23	-43	-41
90-100	-148	-123	-109	-133	-142

Эмиссия CO₂. Проведение мелиоративных работ приводит к снижению уровня болотных вод, увеличению зоны аэрации и как следствие к усилению микробного разложения органического вещества (т.е. к усилению гетеротрофного потока С в атмосферу). Средние значения интенсивности выделения CO₂ в пунктах наблюдений составляют на естественной залежи – 86,6 мгСО₂/ м²ч, на осушенной залежи – 90,1 мгСО₂/м²ч.

Лесомелиорация не оказывает существенного влияния на интенсивность эмиссии CO₂. Однако в наиболее благоприятные годы поток CO₂ с поверхности торфяной залежи осушенного участка возрастает в 1,4 раза по сравнению с естественным участком, что свидетельствует о большей интенсивности протекающих в торфяной залежи трансформационных процессов. Сравнение входящего (фотосинтетическая продукция) и выходящего (эмиссия CO₂) потоков углерода показало, что на участке лесомелиорации депонирование углерода превышает его выделение в 2 раза. Таким образом, лесоосушение приводит к увеличению

биологической продуктивности и не оказывает существенного влияния на эмиссию диоксида углерода.

3. СТАЦИОНАР ТАГАН (Томская область)

Стационар Таган расположен на торфяном месторождении «Таган» (рис. 15).

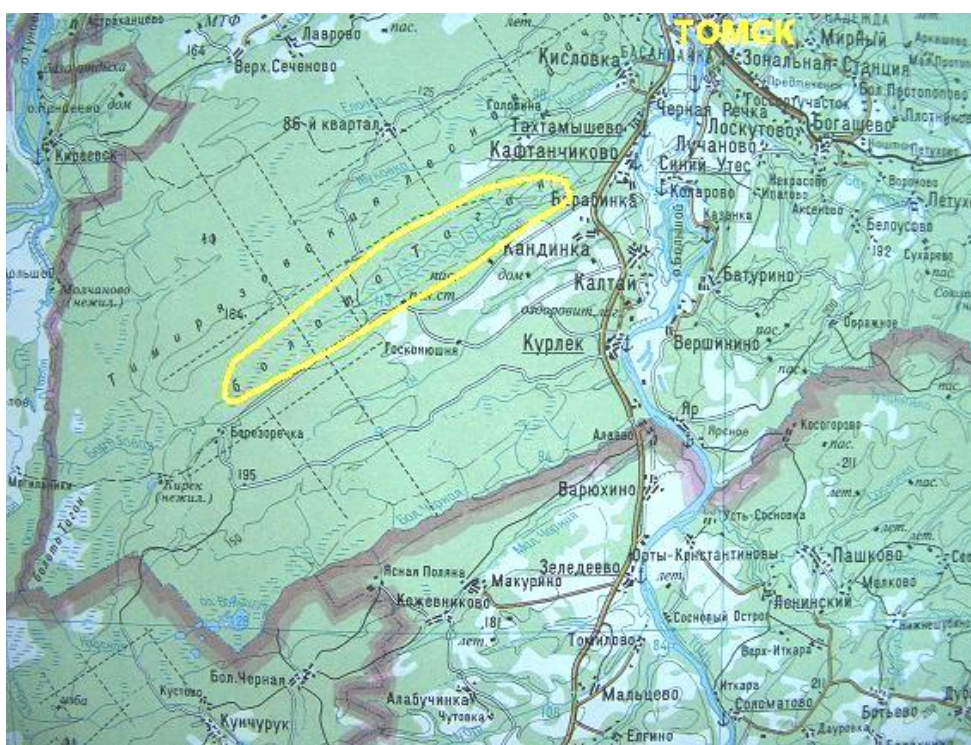


Рис. 15. Схема расположения торфяного месторождения Таган

В 1935, 1940 и 1949 годах на месторождении были проведены рекогносцировочная и детальная разведки.

В 1980-1981 годах была выполнена доразведка торфяного месторождения в соответствии с требованиями детальной разведки и позволила уточнить данные о площадях, запасах торфа. В северо-восточной части торфяного месторождения на площади равной 362 га доразведка не выполнялась, так как здесь на 75 га частично производилась добыча торфа на удобрение, а оставшаяся часть была подготовлена к разработке (рис. 16).

В 1963 году было проведено осушение участка магистральным каналом и сетью картовых каналов с расстоянием 40 м. Добыча торфа на части осушённого участка велась с 1964 по 1977 годы. В 1977 году институтом «Томскгипроводхоз» был разработан проект мелиорации земель под сельскохозяйственное производство.

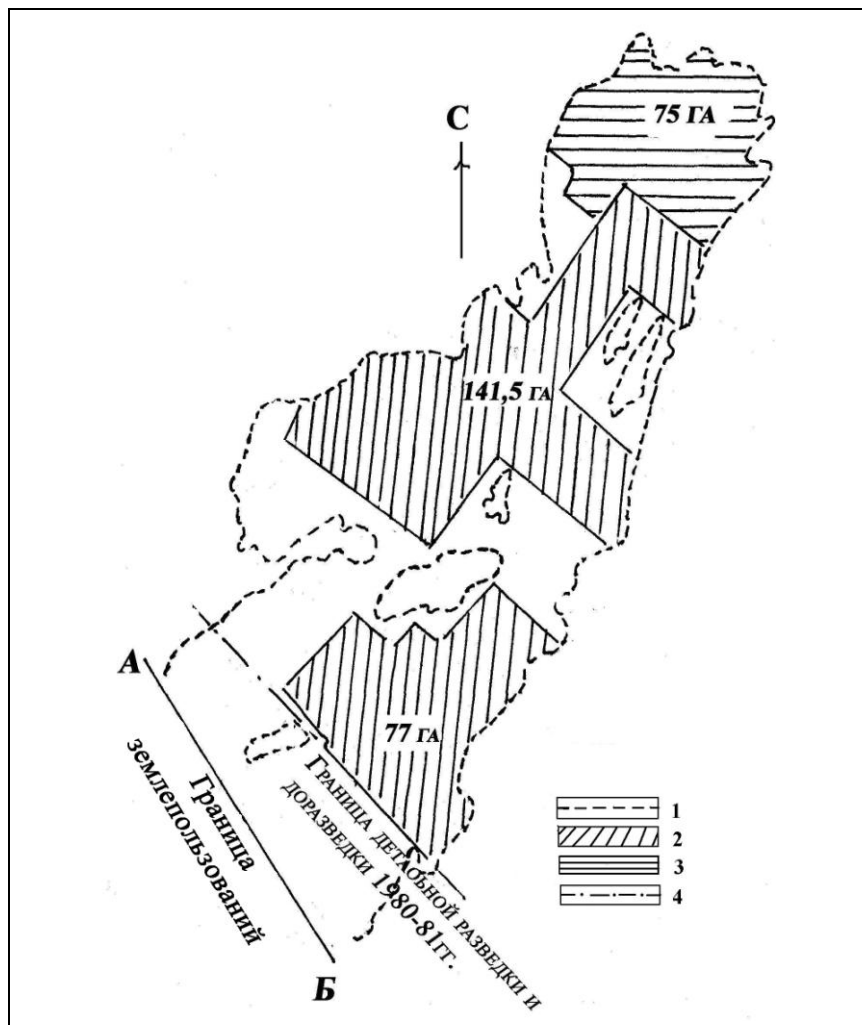


Рис. 16. Схема расположения разрабатываемых и подготовленных к разработке площадей в северо-восточной части т. м. «Таган». 1 – нулевая граница торфяного месторождения; 2 – участки, подготовленные к разработке; 3 – разрабатываемый участок; 4 – граница разведки

По результатам обследования в 1985–1986 годах согласно плану рекультивации выработанного участка (30 га) мелиоративная система была представлена четырьмя магистральными каналами через 1000 м и системой осушительных каналов через 80 м.

Научные исследования были начаты с 1961г. под руководством зав. кафедрой Томского педагогического института, д.б.н., профессора Г. Н. Блинкова. Исследования на месторождении «Таган» проводили преподаватели и аспиранты кафедры: Боровкова А.Ф., Желово Г.С., Козлов В.С., Быков В.М., Аристархова В.Е., Дырин В.А., Фомичев Е.Е., Ищенко Е.Л., Козлова С.Е. Цель исследований: микробиологические процессы превращения в торфяной залежи выработанных торфяных почв. Исследования под руководством профессора Г.Н.Блинкова

сопровождались на стационаре с 1965 по 1971 гг. Проводились опыты по сельскохозяйственному освоению осушенных участков Таганского месторождения. Изучались условия выращивания разнообразных сельскохозяйственных культур, а также влияние минеральных и бактериальных (для бобовых культур) удобрений на урожай растений и его качество. Установлена наибольшая отзывчивость растений на калийные и азотные удобрения, а также на внесение меди (пшеница, овес). Заметная прибавка урожая наблюдалась при внесении одних калийных удобрений. Внесение фосфорных удобрений незначительно повышало урожай, что исследователи связывают с высоким содержанием фосфора в торфяной почве.

В 1997 году пункты наблюдений на торфяном месторождении получили статус мелиоративно-болотного стационара [43].

В 1985 году были заложены на выработанном участке опыты по изучению влияния сельскохозяйственного использования выработанных торфяников на изменение их состояния и свойств. С 1985 по 1988 годы проводились исследования по изучению влияния минеральных удобрений и микроудобрений на урожай многолетних трав. Изучались элементы водного режима, динамика агрохимических (подвижные NPK) и биологических (микрофлора, участвующая в процессах азотпревращения) и энзимологических свойств (каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза), химический состав дренажного стока. На стационаре были заложены датчики температуры, ОВП и лизиметрические колонки. Были поставлены следующие задачи: изучить режимы остаточного слоя торфяных почв при сельскохозяйственном использовании (водный, агрохимический, гидрохимический), влияние УБВ на режимы торфяных почв.

С 2007 г. исследования были возобновлены лабораторией «Агроэкология» ТГПУ по теме: «Биогеохимические процессы формирования углеродного баланса и образования парниковых газов в болотах Сибири»

3.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Торфяное месторождение «Таган» площадью 4068 га. располагается от г. Томска на ЮЗ в 11 км, от с. Тахтамышево на ЮЗ в 1,5 км. на левобережной террасе р. Томи. Торфяное месторождение имеет вытянутую форму с юго-запада на северо-восток в сторону р. Томи. Самая возвышенная юго-западная часть имеет максимальную отметку равную 127,5 м. Наименьшая отметка поверхности составляет 87,2 м и находится в юго-восточной части торфяного месторождения.

Максимальная глубина торфяной залежи достигает 9,3 м с очёсом. Подстилающие торфяную залежь грунты сложены песками, реже супесями

и суглинками. Водное питание месторождения осуществляется за счёт атмосферных осадков.

Гидрогеологические условия характеризуются наличием двух водоносных горизонтов: современных болотных отложений (зеркало грунтовых вод 0,0–0,7 м) и горизонт верхнечетвертичных аллювиальных отложений второй надпойменной террасы. Растительность торфяного месторождения в настоящее время переживает в основном эвтрофную фазу развития. На небольшом участке в юго-западной части месторождения отмечена растительность верхового типа. Вся территория торфяного месторождения занята низинными и верховыми фитоценозами древесно-топяных и топяных групп. Наибольшее распространение здесь получила растительность эвтрофного типа, представленная древесно-осоковым, осоковым, осоково-сфагновым и травяно-кустарничковыми фитоценозами.

Растительность олиготрофного типа получила большое распространение и представлена верховыми сосново-пушицевыми фитоценозами. Древесно-осоковый фитоценоз встречается отдельными участками по всему торфяному месторождению. В древесном ярусе преобладает сосна и берёза, довольно часто встречается ель, кедр, лиственница. Высота древостоя составляет 2–2,3 м, диаметр – 2–32 см, $P=0,4–0,8$. Густой подлесок представлен ивой, рябиной, крушиной и можжевельником.

Травяной ярус развит хорошо: различные виды осок, сабельник, вейник, тростник, вахта, крапива, шиповник. В моховом ярусе здесь встречаются сфагнумы, гипновые мхи.

Микрорельеф кочковатый. Кочки осоковые, высотой 0,2–0,4 м, диаметром 0,2–0,3 м. Покрытие кочками составляет 40–50% площади месторождения. Торфяное месторождение «Таган» представлено торфяной залежью смешанного и низинного типов топяно-лесного, лесо-топяного, многослойного топяного, древесно-осокового, лесного-осоково-топяного, многослойного лесо-топяного видов и магелланикум залежью. Наибольшее распространение имеет топяно-лесная залежь (69 %). В строении её принимают участие 18 видов торфа, из которых преобладают осоковый (42 %), и древесно-осоковый (21 %). Значительно распространён осоковый и гипновый торфа (12 %). Встречаемость остальных видов не превышает 10 %.

3.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПУНКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пункт 1. Координаты: 56°21' СШ, 84°47' ВД. Пункт представляет собой целинный участок (рис. 17).



Рис. 17. Растительность на пункте 1

Растительность: древесный ярус - берёза, редкие угнетённые сосны; наземный покров – крапива, осока, папоротник. Торфяная залежь имеет мощность около 300 см. В основании залежи лежит заиленный песок черного цвета, выше располагается слой древесного низинного торфа (175–200 см), затем идут древесно-травянистые низинные торфа (50–175 см), частично определённые как вахтовые (50–100 см). Верхний слой представлен травяным низинным (25–50 см) и древесным низинным (0–25 см) торфом.

Пункт 2. Расположен на расстоянии 75–100 м от п.1. Координаты: 56°21' СШ, 084°48' ВД. Представляет собой участок, на котором проведена агролесомелиорация (рис. 18).

Растительность: древесный ярус – берёза, редкие угнетённые сосны; напочвенный покров: осока, крапива. Вдоль т. м. проведены борозды глубиной 0,5 м и расстоянием между бороздами 2-3-4 м. Торфяная залежь имеет мощность 3 м. В основании залежи располагается слой древесно-травяного торфа (папоротниковый вариант 275–300 см), выше слой травяного торфа (250–275 см), папоротниковый (225–250 см), древесный (200–225 см), осоковый (175–200 см), древесно-травяной (150–175 см). Верхние слои представлены травяным торфом (вахтово-осоковым (125–150 см), вахтово-папоротниковым (100–125 см), вахтовым (0–100 см).



Рис. 18. Мелиоративный канал на пункте 2

3.2.1. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Объемная и удельная масса изменяются в пределах $0,10\text{--}0,16\text{ г/см}^3$ и $0,10\text{--}0,19\text{ г/см}^3$ соответственно (Табл. 19).

Таблица 19

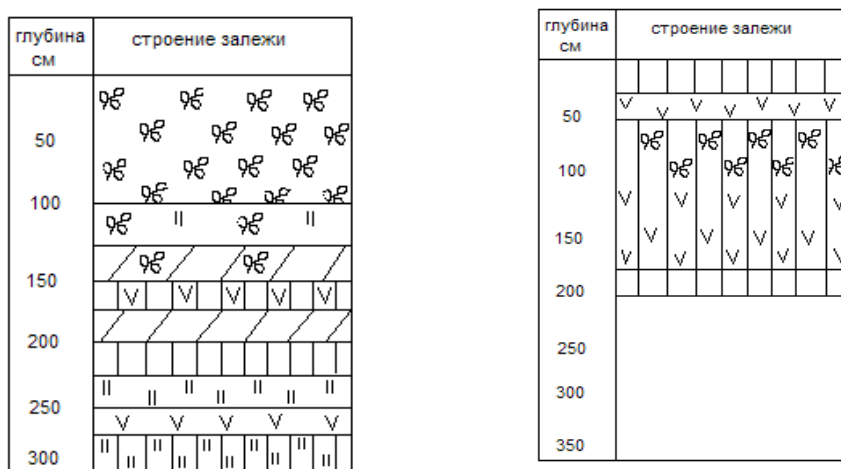
Физико-техническая характеристика торфов пунктов наблюдений

Глубина, см	Удельная масса, г/см^3	Объемная масса, г/см^3	Порозность, %	Полная влагоемкость, % от с.т.
1 пункт				
0-10	1,54	0,13	29,14	226,44
10-20	1,54	0,12	29,44	239,73
20-30	1,53	0,13	28,60	220,83
30-40	1,47	0,12	26,16	226,11
40-50	1,57	0,11	31,63	294,81
50-60	1,29	0,11	15,15	135,84
60-70	1,38	0,11	21,14	188,71
70-80	1,34	0,10	19,06	182,40
80-90	1,48	0,12	26,74	232,52
90-100	1,5	0,12	27,71	237,44
2 пункт				
0-10	1,87	0,23	39,21	174,17
10-20	1,67	0,16	33,68	207,63
20-30	1,43	0,14	22,20	153,40

30-40	1,49	0,13	26,48	204,02
40-50	1,46	0,14	24,37	176,84
50-60	1,59	0,11	32,51	300,28
60-70	1,39	0,13	20,92	166,67
70-80	1,56	0,12	30,61	257,69
80-90	1,34	0,12	18,33	158,54
90-100	1,27	0,12	13,38	115,87

3.2.2. ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Исследуемые торфа относятся в основном к травяной и древесно-травяной группе низинного типа (рис. 19).



Пункт 1

Пункт 2

Условные обозначения:

- травяной низинный, вахтовый, осоковый, древесно-травяной,
- древесно-осоковый, вахтово-осоковый, древесный низинный,
- вахтово-папоротниковый, древесно-травяной низинный,
- папоротниковый, сапрпель, древесно-вахтовый, ботсостав не определен

Рис. 19. Стратиграфические колонки пунктов 1, 2 стационара «Таган»

Торф на исследуемых участках характеризуется как хорошо- и сильно разложившийся. Степень разложения увеличивается сверху вниз по профилю (Табл. 20). Торфяная залежь п. 1 сложена хорошо разложившимся ($R=35-55\%$) травяным торфом, на п. 2 преобладает древесно-травяной торф высокой степени разложения ($35-60\%$). Исследуемые торфа характеризуются как нормальнозольные. Наблюдается увеличение зольности от поверхности к материнской породе.

Таблица 20

**Характеристика общетехнических и агрохимических свойств торфов
пунктов наблюдений**

Пункт, глубина, см	Группа торфа	R, %	A, %	рН сол	Нг	S,	Степень насыщенно сти основаниям и, %
					мг×экв/100г с.в.		
1 пункт							
0-25	травяной	35,00	11,17	5,79	7,63	483,69	98,45
25-50	травяной	35,00	9,41	5,79	6,31	403,50	98,46
50-75	травяно-гипновый	25-30	11,16	5,58	7,95	500,90	98,44
75-100	травяной	25-30	6,63	5,57	6,97	378,31	98,19
100-125	травяной	30,00	10,32	5,67	7,09	553,54	98,74
125-150	травяной	35,00	11,34	5,77	7,18	983,94	99,60
150-175	древесно-травяной	35,00	10,48	5,78	6,31	664,17	99,06
175-200	осоковый	40,00	12,09	6,02	7,69	702,47	98,92
200-225	древесный	35(40)	10,71	6,08	7,97	468,28	98,33
225-250	папоротниковый	40(45)	10,27	6,17	9,07	744,71	98,8
250-275	травяной	40,00	8,89	6,11	7,69	599,83	98,73
275-300	древесно-травяной	55,00	17,24	6,12	11,07	694,81	98,43
2 пункт							
0-25	древесный	35,00	14,4	6,21	5,16	427,99	98,81
25-50	травяной	30,00	12,56	5,96	9,04	656,48	98,64
50-75	древесно-травяной	30(35)	9,72	5,84	9,31	887,44	98,96
75-100	древесно-травяной	35,00	5,1	5,7	10,49	599,81	98,28
100-125	древесно-травяной	35,00	9,99	5,81	8,86	609,40	98,57
125-150	древесно-травяной	45,00	9,52	6,58	8,95	583,46	98,49
150-175	древесно-травяной	45,00	14,08	5,88	8,98	738,30	98,8
175-200	древесный	50,00	8,5	5,96	8,97	774,22	98,85
200-225		-	9,18	5,95	-	708,79	-
225-250		-	11,32	6,03	-	717,29	-
250-275		-	52,28	5,98	-	246,52	-
275-300	минеральный грунт	-	89,62	5,95	-	109,08	-

Примечание: R – степень разложения, A – зольность, Нг – гидролитическая кислотность, S – сумма поглощенных оснований, «-» - не определялось

Групповой состав органического вещества торфов показал, что содержание битумов в торфе изменяется в пределах от 1,04 до 3,56 %. Наблюдается увеличение содержания битумов с ростом степени разложения. Изменения ботанического состава также оказывает влияние на содержание битумов. Наименьшие значения содержания битумов характерны для древесного и древесно-осокового торфов, наибольшие – для травяного (Табл. 21).

Таблица 21

**Групповой состав органического вещества торфов пунктов наблюдений, %
ОМ**

Глубина, см	Вид торфа	R, %	Б	ГК	ФК	ЛГ	ТГ	НГО
Пункт 1								
25-50	травяной	35,00	2,73	18,55	15,06	44,18	11,19	6,35

100-125	травяной низинный	30,00	1,04	17,30	16,06	47,11	11,31	5,23
175-200	осоковый	40,00	3,09	16,67	16,28	45,70	8,78	7,54
Пункт 2								
0-25	древесный низинный	35,00	1,50	26,51	13,01	37,45	11,16	8,43
50-75	древесно-травяной	30(35)	2,45	16,10	18,32	46,90	8,03	6,25
75-100	древесно-травяной	35,00	2,03	15,82	17,98	47,61	6,09	8,53
100-125	древесно-травяной	35,00	3,56	19,60	16,54	42,30	10,35	5,71
150-175	древесно-травяной	45,00	2,83	18,23	16,65	44,40	7,04	8,91
200-225			3,06	24,09	13,29	38,31	10,88	8,43
250-275			0,24	15,47	17,02	49,76	5,87	9,71

Примечание: Б – битумы, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвовые кислоты, ЛГ – легкогидролизуемые соединения, ТГ – трудногидролизуемые, НГО – негидролизуемый остаток, ОМ – органическая масса.

Общее содержание ГК в исследуемых торфах составляет 16,67–44,34 %. Максимальное количество ГК содержат травяной и древесный виды торфов, в которых степень разложения составляет 40–50 % (рис. 20).

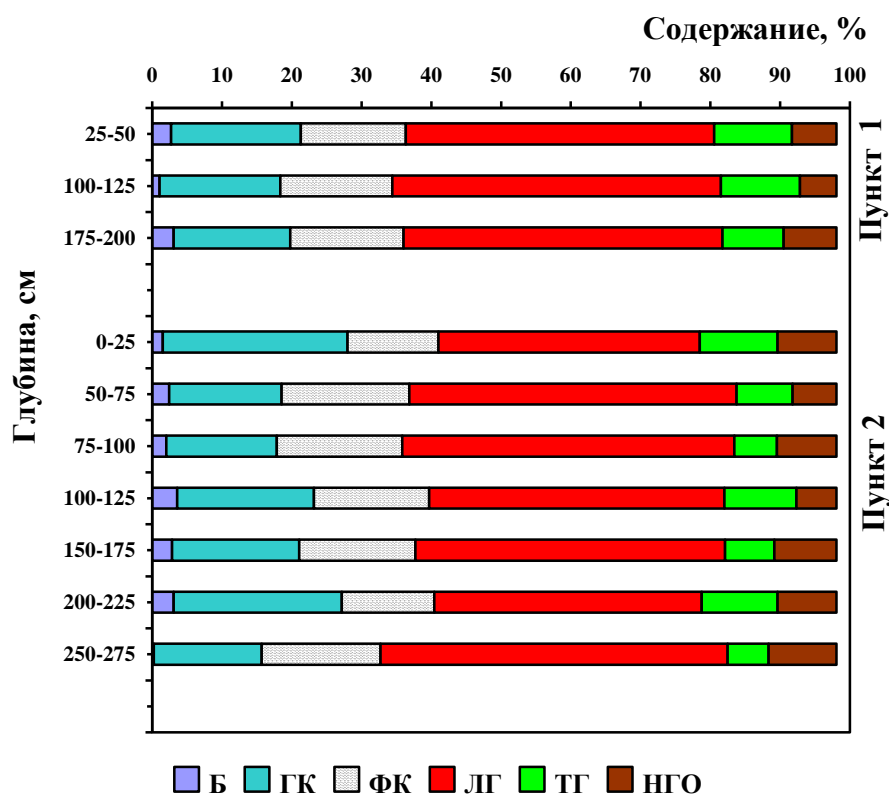


Рис. 20. Групповой состав органического вещества торфов пунктов 1, 2, % ОМ
 Примечание: Б – битумы, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвовые кислоты, ЛГ, ТГ – легко- и трудногидролизуемые соединения соответственно, НГО – негидролизуемый остаток.

Водорастворимые и трудногидролизуемые вещества торфа содержатся в количестве 19,04–49,76 % с.в. Изменение содержания водорастворимых веществ также зависит от степени разложения и ботанического состава.

Трудногидролизуемая часть торфа ассоциируется с содержанием целлюлозы. Содержание трудногидролизуемых веществ в высокоразложившемся торфе изменяется от 6,09–13,35 %. Торф, аналогичный по ботаническому составу, но с большей степенью разложения, содержит меньше трудногидролизуемых веществ.

Фракционно-групповой состав азота. В исследуемых торфяных залежах содержание общего азота ($N_{\text{общ}}$) изменяется в пределах 1,76–3,52 % (Табл.22, Рис.21).

Таблица 22

Фракционно-групповой состав азота торфов, % на с.в.

Пункт, глубина, см	$N_{\text{общ}}$	$N_{\text{мин}}$	$N_{\text{лг}}$	$N_{\text{тг}}$	$N_{\text{мин}}$	$N_{\text{лг}}$	$N_{\text{тг}}$	НГО
	мг/100 г				%			
Пункт 1								
25-50	1,76	0,04	0,04	0,38	2,42	2,02	21,43	74,12
100-125	1,98	0,03	0,05	0,33	1,27	2,37	16,44	79,91
150-175	2,20	0,10	0,12	0,22	4,59	5,66	9,80	79,95
175-200	2,22	0,00	0,00	0,38	0,18	0,01	17,02	82,79
Пункт 2								
0-25	2,33	0,04	0,08	0,42	1,68	3,37	18,22	76,73
50-75	1,95	0,05	0,06	0,31	2,35	2,90	15,74	79,02
75-100	1,81	0,02	0,09	0,27	1,33	5,07	15,10	78,49
100-125	2,08	0,04	0,12	0,20	1,89	5,89	9,72	82,49
200-225	1,93	0,07	0,07	0,17	3,46	3,50	8,68	84,36
250-275	0,70	0,03	0,07	0,10	4,79	9,33	13,81	72,07

Примечание: $N_{\text{общ}}$ – общий азот, $N_{\text{мин}}$ – минеральный азот, $N_{\text{лг}}$ – легкогидролизуемый азот, $N_{\text{тг}}$ – трудногидролизуемый азот, НГО – негидролизуемый остаток

Содержание общего азота в п. 1 увеличивается по профилю с глубиной. В торфах п. 2 изменение содержания общего азота происходит в зависимости от изменения ботанического состава. Азот в изучаемых торфах представлен преимущественно фракцией негидролизуемого азота ($N_{\text{нг}}$) (72,07–95,67% от $N_{\text{общ}}$), при этом содержание негидролизуемого остатка незначительно изменяется по профилю почв. По мере увеличения степени разложения в торфах повышается доля трудногидролизуемого и негидролизуемого азота. Нами отмечалось, что повышенным содержанием минеральных соединений азота характеризуется древесный торф, затем следуют древесно-осоковый и травяной.

Содержание трудногидролизуемого азота ($N_{\text{тг}}$) в торфяных залежах 1 пункта несколько выше (2,421–5,41 % от $N_{\text{общ.}}$), чем в торфяных залежах 2 участка (1,45–15,74 % от $N_{\text{общ.}}$). В исследуемых торфах содержание легкогидролизуемого азота меньше, чем содержание трудногидролизуемого азота ($N_{\text{лг}}$).

Легкогидролизуемый азот является ближайшим резервом минеральных соединений азота. В исследуемых торфах содержание минерального азота невелико, его пределы составляют 0,18–4,79 % от $N_{\text{общ.}}$.

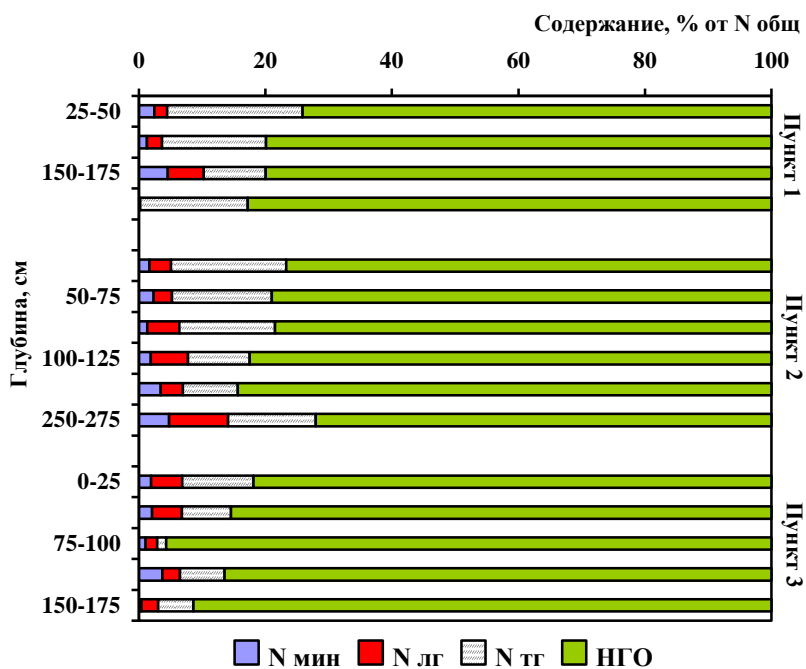


Рис. 21. Фракционно-групповой состав азота

Примечание: $N_{\text{мин}}$ – минеральный азот, $N_{\text{лг}}$ – легкогидролизуемый азот, $N_{\text{тг}}$ – трудногидролизуемый азот, НГО – негидролизуемый остаток.

Основная часть азота содержится в торфе в труднодоступном для растений состоянии, т.е. в трудногидролизуемых и негидролизуемых формах. Значительная часть азота в торфе приходится на гуминовые вещества.

Микроэлементы. В золе торфов пунктов наблюдений содержится значительное количество кальция, вследствие чего торф имеет слабокислую реакцию (рН 5,8–6,8), много железа, магния, кремния, однако мало калия, крайне необходимого для растений элемента (табл. 23).

Таблица 23

Содержание зольных элементов в торфах, % на с. т.

Глубина слоя, см	Зола	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂
5-30	28,90	3,37	0,09	8,07	3,94	0,30	1,53
31-55	18,67	1,42	0,05	2,88	3,82	0,60	3,81
56-100	19,10	4,00	0,04	4,30	4,31	0,91	5,66
101-200	19,10	4,00	0,04	4,22	5,06	0,96	7,80

В таблице 24 приведено содержание микроэлементов в торфяных залежах пунктов 1 и 2.

Таблица 24

Содержание микроэлементов в торфах т.м. Таган, 2008 г.*
(спектрометрическая установка «CANDERRA»)

Глубина, см	Sm	U	Ce	Ca	Lu	Tb	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	Nd
Пункт1														
0-25	0,2	0,2	2,5	1,3	0,02	0,028	0,5	3,7	0,1	0,002	0,2	228	33	0,29
25-50	0,2	0,1	2,1	1,1	0,01	0,007	0,3	2	0,1	0,002	0,1	121	60	1,6
100-125	0,2	0,1	2,6	1,1	0,01	<0,01	0,7	4	0,1	0,004	0,1	132	60	1,9
175-200	0,3	0,2	2,7	1,4	0,03	0,029	0,5	3,7	0,1	<0,001	0,1	118	71	0,89
250-275	0,3	0,2	3,8	1,6	0,02	0,042	0,6	4,9	0,1	0,002	0,2	78	80	1,7
Пункт2														
0-25	0,2	0,2	2,9	1,4	0,02	0,06	0,6	3,8	0,1	<0,001	0,2	241	102	1,2
25-50	0,2	0,1	2,3	1,2	0,01	0,026	0,4	2,3	0,1	0,001	0,1	75	47	0,32
100-125	0,2	0,2	2,6	1,3	0,02	0,024	0,4	3,1	0,1	<0,001	0,1	77	35	1,9
200-225	0,2	0,2	2,8	1,5	0,02	0,03	0,5	4,2	0,1	0,001	0,1	71	64	0,98
250-275	2,9	0,4	29	0,9	0,21	0,39	2	26	1,5	0,003	1,5	202	93	11,1

Продолжение таблицы 24

Глубина, см	As	Sb	Ag	Br	Cs	Sc	Rb	Fe	Zn	Ta	Co	Na	Eu	La
Пункт1														
0-25	26	1	<1	42	0,24	0,54	1,8	2,2	40	0,023	2,2	0,04	0,03	1,23
25-50	30	0,1	<1	37	0,04	0,39	<1	1,9	20	0,023	2,2	0,04	0,03	0,89
100-125	28	0,1	<1	46	0,14	0,5	2,9	2,2	52	0,053	2,2	0,05	0,06	1,12
175-200	26	0,1	<1	50	0,45	0,62	3,8	3,3	30	0,041	2,4	0,04	0,04	1,32
250-275	16	0,5	<1	27	0,4	0,6	3,6	1,2	26	0,026	1,7	0,06	0,03	1,23
Пункт2														
0-25	86	0,2	<1	54	0,08	0,59	3,7	3,5	13	0,002	3,4	0,04	0,03	1,39
25-50	33	0,3	<1	32	0,25	0,38	1,5	1,5	8,6	<0,01	2,2	0,04	0,03	0,84
100-125	32	0,1	<1	35	0,23	0,45	2,4	1,5	13	0,034	2,2	0,04	0,04	1
200-225	18	0,1	<1	33	0,24	0,48	2,5	1,3	15	0,009	2,1	0,04	0,03	1
250-275	5,9	0,3	<1	7,3	1,18	2,68	33	0,9	20	0,161	2,1	0,8	0,7	11,5

* – Содержания кальция, натрия и железа – в %, остальные микроэлементы – в г/т

3.2.3 БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Высокая численность аммонифицирующих бактерий свидетельствует о благоприятных условиях гидротермического и пищевого режимов в торфяных залежах. Нитрификация же сдерживается малой численностью нитрифицирующих бактерий. Один из показателей, отражающих интенсивность минерализации органического вещества в торфяной залежи, может быть найден при параллельном учете бактерий, усваивающих органический и минеральный азот. В торфяной залежи с интенсивным процессом минерализации микроорганизмы, растущие на КАА (т.е. усваивающие минеральный азот), обычно превышают по численности микрофлору, живущую за счет органического азота. В торфяных залежах пунктов наблюдений определено, что в них соотношение между бактериями, усваивающими органический и минеральный азот, равно 1:1,2 и 1:1,3 соответственно пп.1 и 2(табл. 25).

Таблица 25

Численность различных групп микроорганизмов в торфяной залежи, тыс. КОЕ/1г. с.т

Месяц	Глубина в см	Микроор-ганизмы на МПА	Бактерии на КАА	Актино-мицеты на КАА	Грибы на СА
Май	0-40	1554	2065	212	112
	40-70	1443	1501	126	44
	70-100	496	562	35	8
	100-130	325	437	0	0,8
	130-160	141	386	0	0,16
Июнь	0-40	3636	2699	454	63
	40-70	2607	2034	280	43
	70-100	790	1361	154	10
	100-130	354	687	0	0,6
	130-160	128	667.0	0	0,2
Июль	0-40	5232	3746	912	83
	40-70	3153	2076	770	94
	70-100	1194	1359	472	52
	100-130	753	798	266	9
	130-160	399	654	89	4
Август	0-40	2820	1524	670	177
	40-70	1863	1070	644	75
	70-100	852	843	505	50
	100-130	528	792	288	5,6
	130-160	501	670	88	1,2
Сентябрь	0-40	964	610	622	200
	40-70	735	735	517	160
	70-100	522	671	137	76
	100-130	420	694	42	6,3
	130-160	266	521	0	1,3

В целом биологическая активность в торфяной залежи невысокая, а процессы минерализации органических веществ выражены в слабой степени.

3.2.4 РЕЖИМЫ

Гидрологический режим. Залегание снежного покрова на территории исследования равномерное. Средняя высота снежного покрова составляет 48 см при максимальном значении 53 см. Средняя плотность снега равна 0,31 г/см³. Средний запас влаги в снеге составил 146 мм с экстремальными значениями 132 и 163 мм.

Сезонные колебания УБВ в течение теплого периода обусловлены запасами влаги в снеге и характером распределения жидких осадков в течение периода вегетации. За нулевую отметку принята условная отметка средней поверхности болотного ландшафта. Весной на п. 1 УБВ подходят близко к поверхности, далее постепенно снижаются к середине лета до 37 см. (табл.26) К осени УБВ за счет осадков поднимается вновь ближе к поверхности (26 см от поверхности, в октябре). На участке с агролесомелиорацией (п. 2.) УБВ в течение всего вегетационного периода поддерживаются на глубине 20–69–53 см. Весной в пункте 2 УБВ находятся на глубине 20 см. В летний период на этом пункте отмечается наибольшее снижение УБВ (69 см) и к осени они продолжают поддерживаться на глубине 53 см. Окислительные условия прослеживаются на пунктах 1 до глубины 40–60 см.

Таблица 26

Динамика уровня болотных вод, см

Пункт	Дата															
	май				июнь		июль				август				сентябрь	
	5	13	19	26	2	16	7	15	21	31	4	12	19	28	3	10
Пункт 1	6	5	1	10	9	7	4	2	-2	-9	-8	-15	-22	-28	-17	-23
Пункт 2	-12	-23	-14	-11	-18,5	-29	-34	-30	-38	-48	-50	-53	-52	-46	-46	-53

Особо выделяются ОВУ на участке с агролесомелиорацией. Практически до 120 см окислительно-восстановительные условия характеризуются перемененно аэробно-анаэробными условиями с преобладанием окислительных. Таким образом, по окислительно-восстановительным условиям можно сделать вывод о благоприятном аэробном режиме в торфяной залежи на п. 2 с агролесомелиорацией.

Биологический режим. В торфяной залежи п. 1 окислительные условия преобладали в слое 0–40 см, при этом средняя численность микроорганизмов составила: аммонификаторы – $6,6 \cdot 10^7$ КОЕ/г а.с.в., амилолитики – $2,3 \cdot 10^8$ КОЕ/г а.с.в., аэробные целлюлозолитики – $1,2 \cdot 10^5$

КОЕ/г а.с.в., денитрификаторы – $1,9 \cdot 10^4$ КОЕ/г а.с.в. (рис. 22а, 22б, 23а, 23б).

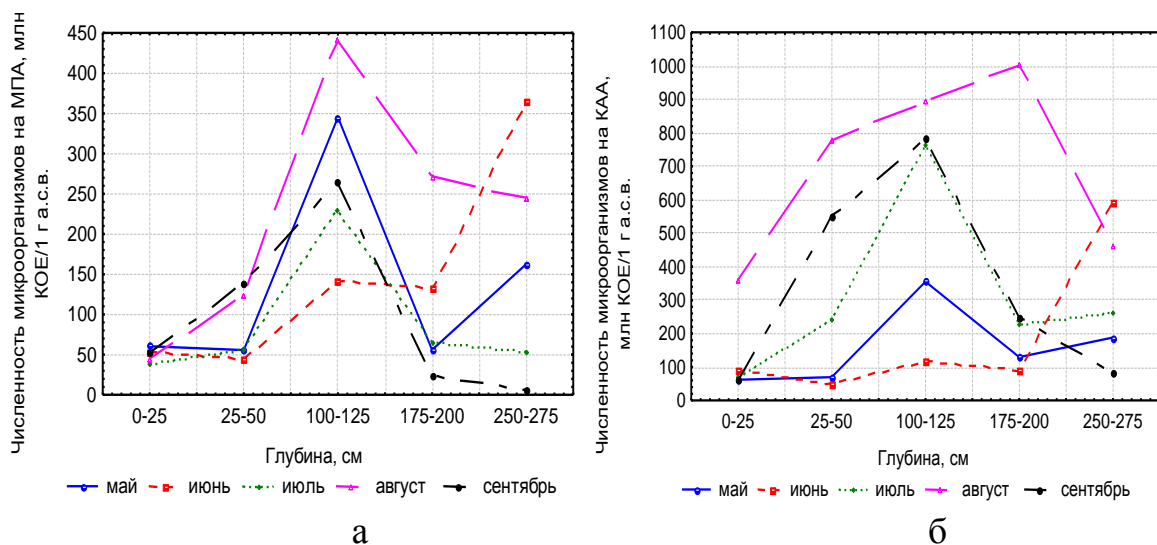


Рис. 22. Динамика численности микроорганизмов в торфяной залежи пункта 1

Примечание: а – аммонификаторы; б – амилолитики

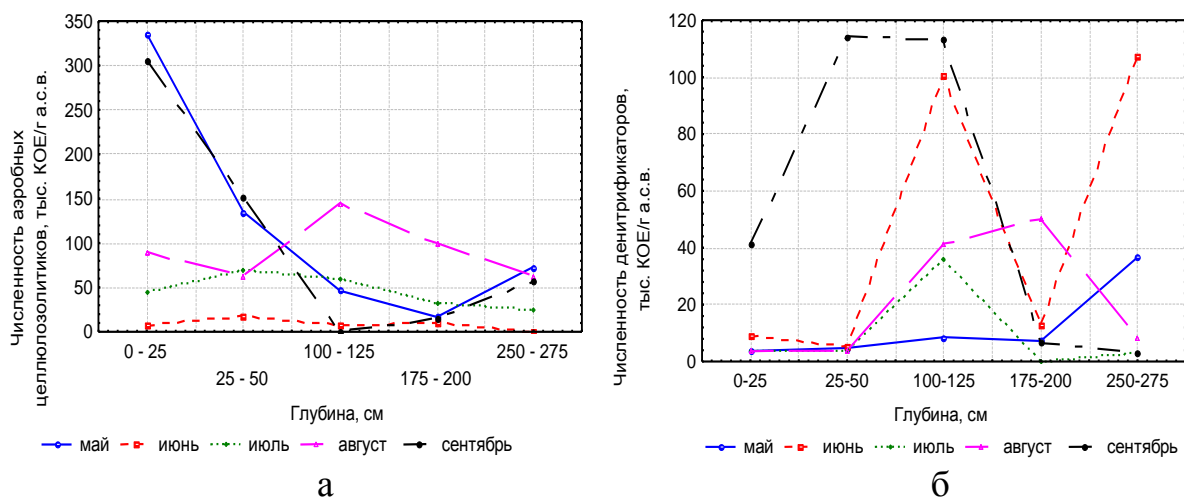


Рис. 23. Динамика численности микроорганизмов в торфяной залежи пункта 1

Примечание: а – аэробные целлюлозолитики; б – денитрификаторы

В торфяной залежи п. 2, расположенном на участке с агролесомелиорацией, сформировались особые ОВУ. Окислительные условия в торфяной залежи п. 2 преобладали до 120 см, при этом средняя численность аммонификаторов была $1,3 \cdot 10^8$ КОЕ/г а.с.в., амилолитиков – $3,6 \cdot 10^8$ КОЕ/г а.с.в., аэробных целлюлозолитиков – $1,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г а.с.в., денитрификаторов – $1,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г а.с.в. (рис. 24а, 24б, 25а, 25б).

За вегетационный период динамика численности микроорганизмов изменяется в соответствии с проявлением аэробных или анаэробных условий в торфяной залежи.

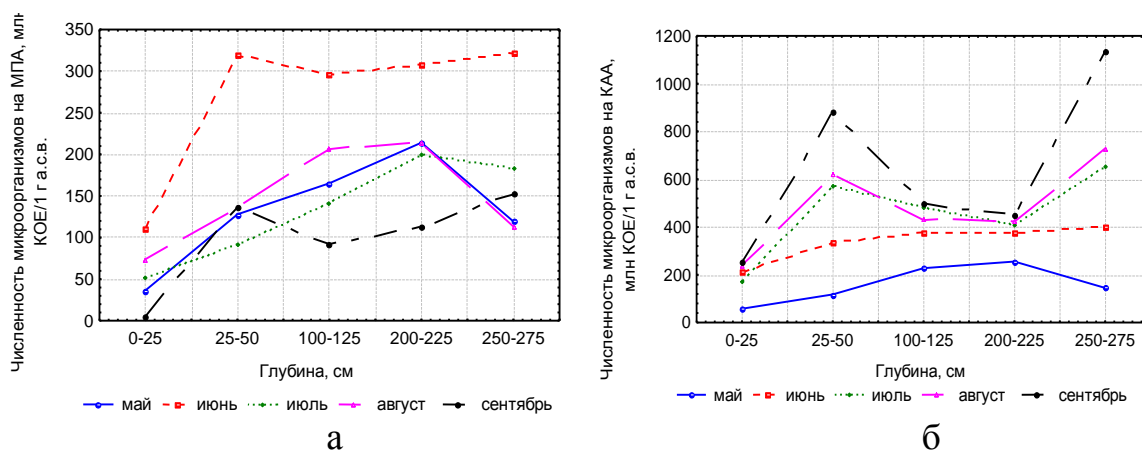


Рис. 24. Динамика численности микроорганизмов в ТЗ пункта 2
Примечание: а, б – см. примечание к рис. 22

Так в торфяной залежи п. 2 особо следует выделить июнь, когда на фоне понижения УБВ (на 6 см) наблюдалось наибольшее увеличение численности как аммонификаторов, так и амилолитиков в аэробном слое торфяной залежи п. 1 (в 2,3 раза) (рис. 24а, 24б). Дальнейшее понижение УБВ в июле сопровождалось увеличением до максимальных показателей численности денитрификаторов и аэробных целлюлозолитиков (рис. 25а, 25б).

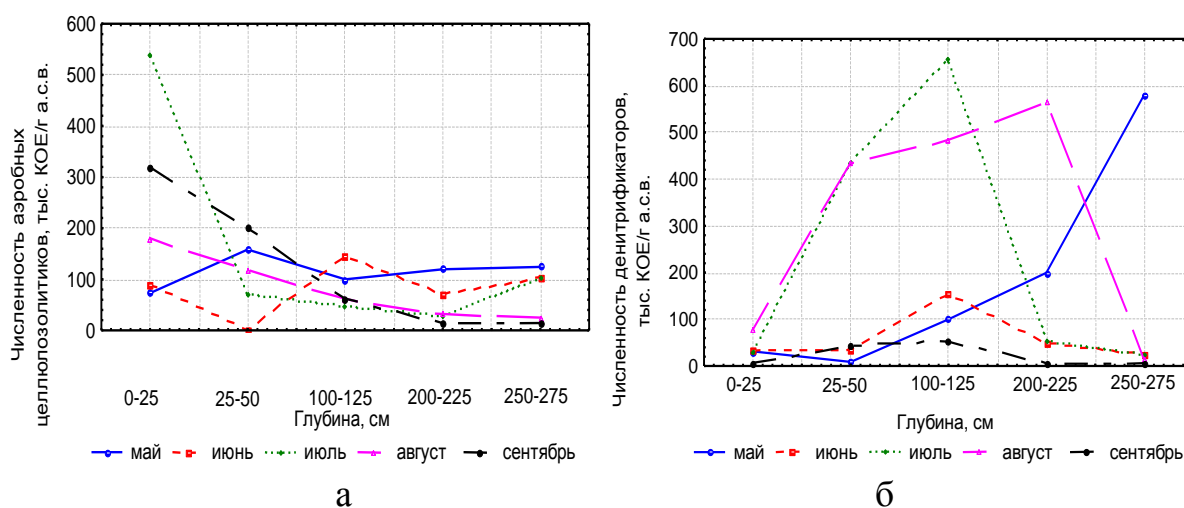


Рис. 25. Динамика численности микроорганизмов в ТЗ пункта 2
Примечание: а, б – см. примечание к рис. 23

В анаэробном слое торфяной залежи п. 1 в период с мая по август численность аммонификаторов увеличилась в 2,5 раза, а амилолитиков – в 4,6 раза. В торфяной залежи п. 2 содержание аммонификаторов осталось

на прежнем уровне, тогда как численность амилолитиков увеличилась в 1,6 раза. В торфяной залежи п. 2 возросла численность денитрификаторов (2,8 раза) и уменьшилась численность аэробных целлюлозолитиков (3,7 раза).

В конце вегетационного периода в анаэробном слое торфяной залежи п. 1 наблюдалось значительное уменьшение численности аммонифицирующих и амилолитических микроорганизмов. Однако в торфяной залежи п. 2 на фоне снижения интенсивности денитрификации и целлюлозоразрушения усилился процесс минерализации органического вещества, что подтверждается увеличением коэффициента минерализации (с 1,2 в мае до 4,0 в сентябре).

Таким образом, анаэробный слой торфяной залежи п. 1 характеризуется высокими показателями численности как аммонификаторов, так и амилолитиков. Причем средняя численность аммонификаторов в данном слое превышала их численность в аэробном слое в 2 раза, а амилолитиков – только в 1,4 раза, денитрификаторов – в 1,2 раза. Данный факт, возможно, свидетельствует об активном развитии факультативно-анаэробных форм микроорганизмов по глубине торфяного профиля, и более низкой степени активности процессов минерализации органического вещества торфа в анаэробных условиях.

Таким образом, хорошие аэробные условия в торфяной залежи с агролесомелиорацией способствовали поддержанию численности аэробных целлюлозолитиков, аммонификаторов, денитрификаторов и амилолитиков на более высоком уровне по сравнению с торфяной залежью п. 1.

Гидрохимический режим. Величина рН изменялась на протяжении вегетационного периода от 6,7 до 7,9 и не имела различий для отдельных пунктов. Такая же рН и несколько выше наблюдалась в р.Черная. Болотные воды исследуемых объектов гидрокарбонатно-кальциевые, содержат значительные количества органических веществ. Содержание ионов Ca^{2+} в болотных водах составляло 39,5–90,2 мг/л. Максимальное содержание ионов кальция для всех пунктов приходилось на июль.

Концентрация магния в болотных водах изменялась в пределах 12,2 – 37,7 мг/л, в водах р. Черная магния в два раза меньше (табл.27). Важно отметить высокое содержание в болотных водах железа (общего), которое достигло 125,0 мг/л для п. 2 (август). В воде р. Ключ количество железа составляло 3,5 – 8,4 мг/л. Содержание калия K^+ в болотных водах изменяется в пределах 0,6–3,7 мг/л. Наибольшая концентрация K^+ отмечалась осенью.

Химический состав болотной воды

Компонент	Пункт 1					Пункт 2				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
HCO ₃ ⁻	114	224,1	223,3	292,9	146,5	122	179,4	207,5	256,3	207,5
SO ₄ ²⁻	0,7	0,3	0,2	0,4	0,2	1,8	0,5	0,3	-	0,2
Cl ⁻	6,7	5,8	6,4	5,3	2,3	4,2	4,6	4,7	4,7	2,8
NO ₃ ⁻	24,7	11,3	60,9	143	15,3	19,9	19,2	71	22,6	9,2
Ca ²⁺	42,7	44,1	90,2	70,1	40,1	39,5	46,1	84,2	84,2	70,1
Mg ²⁺	17,5	37,7	12,2	34,4	14,6	21	15,8	12,2	25,5	19,4
Fe _{общ}	67,1	91,3	92,8	36,4	67,3	33,6	45	40,7	125	21,8
NH ₄ ⁺	20,3	25,8	37,2	118,4	25,1	22,8	17,4	17,6	98,3	44,9
K ⁺	0,6	2,1	3,7	2,8	3,1	0,8	1,7	1,9	3,1	3,4
Na ⁺	4,7	6,0	12	4,4	5,2	3,5	7,5	12,7	8,5	5,7
Сух.ост	0,08	0,18	0,14	0,23	0,1	0,06	0,11	0,09	0,17	0,11
pH	6,7	6,7	6,8	7,7	7,0	6,9	6,8	6,9	7,4	7,4
XПК	160,0	64,8	237,6	208,8	141,4	115,2	338,4	230,4	194,4	163,7
ГК	33,2	11,5	12,6	15,5	15,4	23,0	13,8	12,6	12,2	13,0
ФК	58,5	66,8	55	51,7	26,9	51,9	46	56,4	35,9	26,1

Примечание: « - » - не обнаружен

Содержание гидрокарбонат-ионов в болотной воде варьирует от 114 до 292,9 мг/л и мало различалось для п. 1, 2, в речной воде содержание HCO₃⁻ изменяется от 85,4 до 317,3 мг/л. Для всех пунктов прослеживалось увеличение содержания гидрокарбонат ионов в летние месяцы по сравнению с маем. По литературным данным в речных водах содержание сульфатов колеблется от 5 до 60 мг/л, в болотных водах – от 1,5 до 125 мг/л (хотя редко превышает 25 мг/л). Результаты наших исследований показывают более низкое содержание сульфатов, которое составляет для болотных вод 0,0–1,8 мг/л, для речных вод 0,0–1,0 мг/л.

Гуминовые и фульвокислоты составляют значительную долю органического вещества болотных вод и представляют собой сложные смеси биохимически устойчивых высокомолекулярных соединений. Главным источником поступления гуминовых кислот в болотные воды являются сами торфяные залежи, из которых они вымываются дождевыми и грунтовыми водами после прохождения биохимического цикла. Гуминовые и фульвовые кислоты в болотных водах находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, соотношение между которыми определяется химическим составом вод, pH среды, биологическими условиями и другими факторами. Содержание гуминовых кислот в исследуемых болотных водах колеблется от 12,2 до 33 мг/л. В мае отмечается максимальное содержание гуминовых кислот во всех пунктах (рис. 26). В целом, содержание гуминовых кислот в болотных водах выше, чем в речных. Хорошая растворимость фульвокислот по сравнению с

гуминовыми кислотами является причиной их более высоких концентраций и распространения в болотных водах (рис. 27).

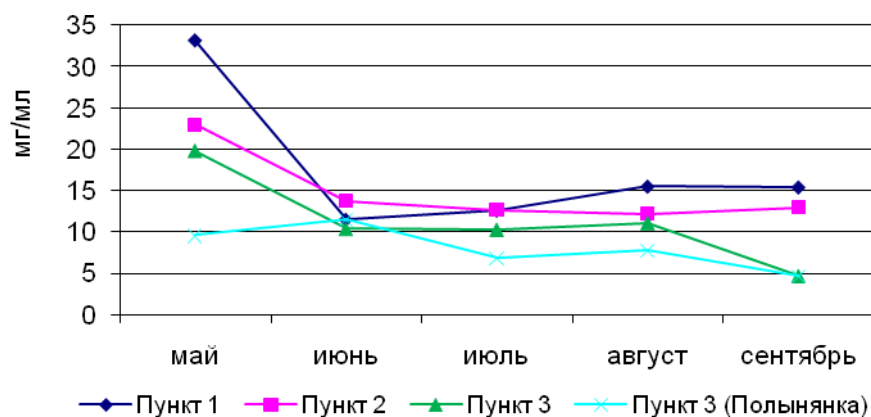


Рис. 26. Содержание гуминовых кислот в болотной воде, мг/л

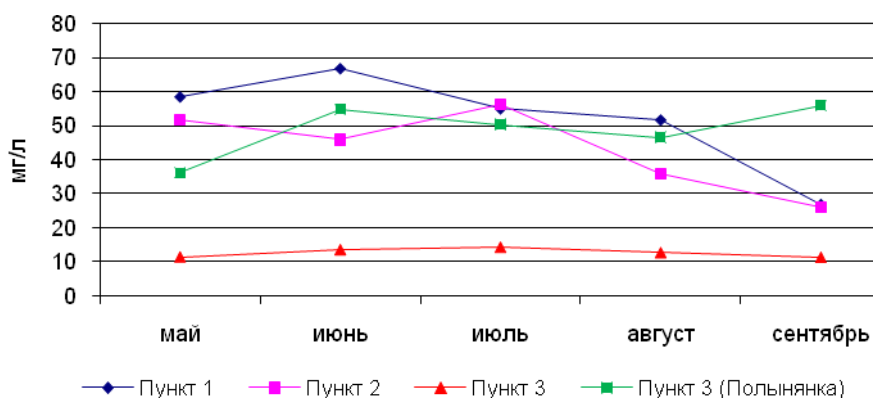


Рис. 27. Содержание фульвокислот в болотной воде, мг/л

В процессе окисления гуминовых кислот происходит деструкция их макромолекул на составные части, сохраняющие многие свойства этих веществ. Взаимный переход гуминовые – фульвокислоты может протекать без существенного изменения молекулярной массы, не сопровождающейся деструкцией или конденсацией. Содержание фульвокислот в болотных водах составляло 11,5–66,8 мг/л и значительно превышало их количества в речной воде. Количество фульвокислот в п. 1 и 2 в течение вегетационного периода уменьшается к осени.

Газовый режим и эмиссия парниковых газов. В умеренно влажный год (ГТК=1,22) концентрация диоксида углерода в торфяной залежи п. 1 изменялась от 0,047 ммоль/л до 1,44 ммоль/л. Концентрация CH_4 – в пределах 0,0000326–0,159 ммоль/л. Средняя максимальная концентрация выделения диоксида углерода наблюдалась в июле (1,44 ммоль/л), при этом к сентябрю выявлена тенденция к ее снижению, что, вероятно, связано со значительным снижением УБВ. В июне концентрация

CO₂ в нижних слоях торфяной залежи в 1,5 раза превышала концентрацию CO₂ в верхних слоях. В середине вегетационного периода, когда УБВ поднялся к поверхности и сформировались более анаэробные условия, в верхних слоях концентрация диоксида углерода была в 2 раза больше, чем в нижних. Значительное снижение УБВ к концу периода вегетации привело к тому, что концентрация CO₂ в нижнем слое (200 см) была в 2 раза выше, чем в верхнем. Наибольшая концентрация CO₂ в торфяной залежи п. 1 отмечалась в июле (1,44 ммоль/л на глубине 50 см) (рис. 28 а). В дальнейшем наблюдалось снижение концентрации CO₂ в торфяной залежи в сентябре до 0,079 ммоль/л на глубине 50 см, что, возможно, связано с постепенным понижением УБВ и улучшением аэрации. В целом в июне, августе и сентябре с глубиной наблюдалось увеличение концентрации CO₂ (в 2 и более раз), тогда как в июле тенденция была противоположной.

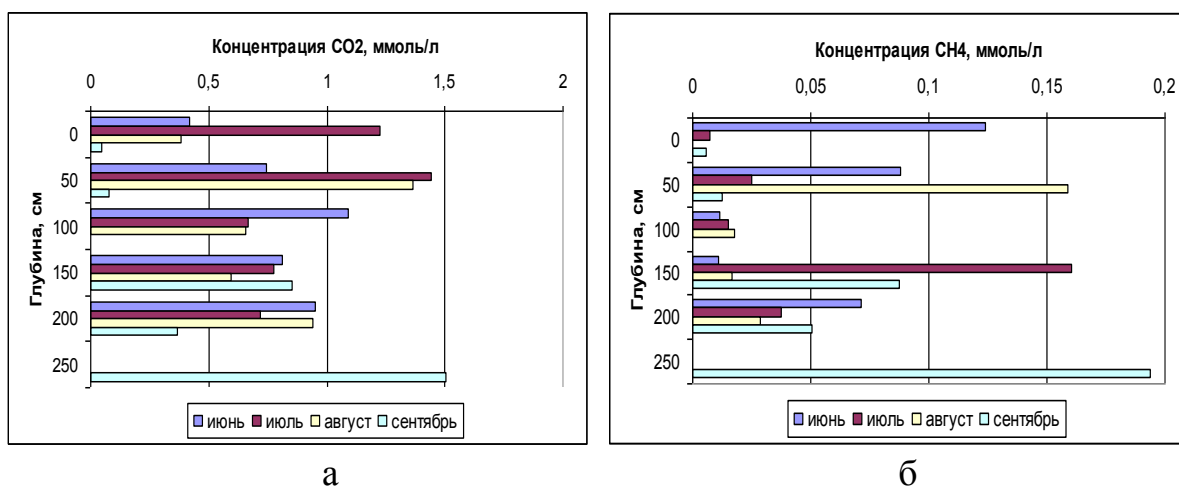


Рис. 28. Распределение CO₂ (а) и CH₄ (б) в торфяной залежи п. 1

Максимальная концентрация метана отмечалась в августе в слое 50 см. Средняя концентрация метана по профилю понижалась с июня по август вследствие понижения УБВ, в июне и августе она уменьшалась, а в июле и сентябре увеличивалась с глубиной.

Концентрация диоксида углерода в торфяной залежи п. 2 изменялась от 0,041 ммоль/л до 1,84 ммоль/л (рис. 29). Концентрация CH₄ – в пределах 0,000042 – 0,134 ммоль/л. Максимальная концентрация CO₂ в торфяной залежи п. 2 была отмечена в августе (1,84 ммоль/л на глубине 150 см), метана – 0,134 ммоль/л (в июле на глубине 200 см).

Средняя концентрация выделения диоксида углерода имела тенденцию к увеличению с июня по август, когда было отмечено ее максимальное значение (1,335 ммоль/л), что, вероятно, связано с увеличением температуры в торфяной залежи. В июле распределение концентрации CO₂ имело относительно равномерный характер, за исключением верхнего слоя, где концентрация CO₂ была в 1,5 раза больше

(рис. 28). В июне и августе пики концентрации CO_2 отмечались в слое 100 см и 150 см соответственно. Средняя концентрация выделения метана уменьшалась с июня по август. Средняя концентрация выделения метана имела тенденцию к уменьшению с июня по сентябрь в соответствии с понижением УБВ. Распределение метана в июне было относительно равномерным, за исключением верхнего слоя, где его концентрация была на порядок ниже.

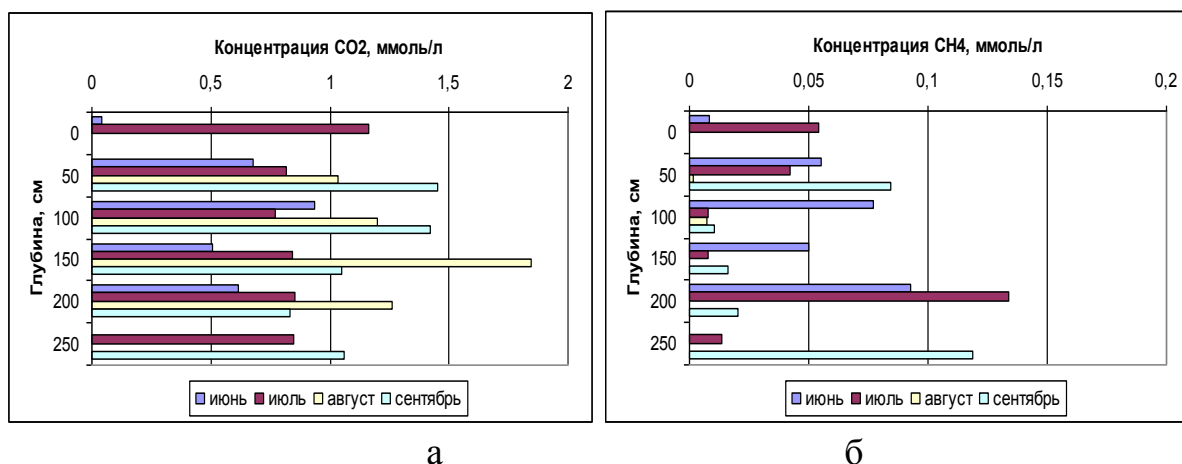


Рис. 29. Распределение CO_2 (а) и CH_4 (б) в торфяной залежи п. 2

Особо следует отметить август, когда концентрация метана снизилась до минимальных значений по всему профилю торфяной залежи, особенно в нижних ее слоях. В сентябре максимальная концентрация метана отмечалась в самом нижнем слое (250 см).

Таким образом, средняя максимальная концентрация выделения содержания диоксида углерода (1,335 ммоль/л) наблюдается в торфяной залежи п. 2 в августе и метана (0,103 ммоль/л) – в торфяной залежи п. 3 в сентябре. Минимальная концентрация диоксида углерода (0,405 ммоль/л) отмечена в торфяной залежи п. 3 в сентябре, метана (0,022 ммоль/л) – в торфяной залежи п. 2 в августе. В целом, в торфяной залежи п. 2 средняя за вегетационный сезон концентрация CO_2 превысила концентрацию данного газа в торфяной залежи п. 1 в 1,25 раз, а в п. 3 – в 2 раза.

3.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПИРОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА СТАЦИОНАРЕ «ТАГАН»

Пирогенный участок находится в северо-западной части торфяного месторождения Таган.

При абсолютном соблюдении противопожарных мер, пожары на осушаемых торфяниках исключены. Однако в реальной жизни пожары на торфяных болотах являются довольно частым явлением и, распространяясь даже на незначительных площадях, они наносят существенный вред

населению и лесам. В основу оценки степени деградации пироженных торфяников может быть положен сохранившийся торфяной слой.

По мощности сохранившегося слоя торфяной залежи пироженные торфяники можно разделить на следующие группы:

- торфяники с поверхностно пироженным слоем;
- торфяники с частично пироженным профилем;
- торфяники пироженные с обнаженными подстилающими породами.

Если состояние первых двух групп характеризуется благоприятными свойствами для ведения сельского хозяйства, то последние подлежат вторичному заболачиванию, что весьма перспективно для экологии территории. При необходимости такой торфяник может подлежать рекультивации для использования в сельскохозяйственных целях, но это требует существенных экономических затрат.

К пироженноизмененным относят почвы, в профиле которых пожарами уничтожены только поверхностные горизонты. Они занимают ограниченные территории. Такие почвы сохраняют свое плодородие в постпироженный период и могут быть использованы в земледелии после выполнения простых агрономических или агромелиоративных мероприятий [44].

3.3.1. МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

На территории пироженного участка был сделан разрез с целью описания морфологии торфяного профиля (табл.28, рис. 30).

Растительность. Хорошо выражен разреженный древесный ярус, представленный сильно угнетенной березой, елью, тополем. Подлесок представлен кустарниками малины. Травяной ярус: крапива, осока, подморенник цепкий, багульник. Мощность профиля 53 см.

Таблица 28

Морфологическое описание торфяного профиля

Глубина, см	Морфологическое описание
0-1	Слаборазложившаяся хвоя, ветки березы и ели, присутствуют мелкие корни травяной растительности.
1-6	Окраска ржаво-охристая, переход резкий, граница неровная, волнистая. Горизонт отличается особой липкостью. Переход по окраске и консистенции. Граница волнистая.
6-7	Сгоревший слой торфа черного цвета, уплотнен, сухой (спрессованные угли).
7-36	Среднеразложившийся торф бурого цвета, однородный, уплотнен, присутствуют корни травяной и древесной растительности. Переход резкий по окраске, граница волнистая.
от 36	Легкий суглинок, с признаками оглеения. Присутствуют ржавые пятна окиси железа. Уплотнен, влажноват.



Рис. 30. Болотная торфяная низинная пирогенно измененная почва

3.3.2 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Пожаром была охвачена небольшая часть торфяной залежи и прослойки сгоревшего торфа невелики – до 6 см. Не прослеживается изменение и в химическом составе, за исключением реакции среды. РН солевой в поверхностных горизонтах характеризуется нейтральной средой. Возможно наблюдаемое подщелачивание произошло за счет сгорания органического вещества и образования оксидов (табл. 29).

Таблица 29

Агрохимическая характеристика пирогенного участка

Глубина, см	А, %	рН сол	NH ₄	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
			мг/100 г с.т.				
Болотная торфяная низинная пирогенно измененная почва							
0-1	77,25	7,93	69,89	8,74	688,59	41,11	221,10
1-6	83,35	7,55	142,53	6,67	779,33	35,89	292,12
6-7	17,42	6,27	128,53	1,63	343,10	11,16	96,10
8-16	8,47	6,14	59,70	0,81	162,83	4,88	200,04
23-33	11,91	6,28	47,71	1,25	159,03	9,01	48,50
от 36	98,43	6,14	43,57	0,65	12,02	1,98	30,05

Примечание: с.т. – сухой торф

3.4. ВЫРАБОТАННЫЙ И РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫЙ УЧАСТКИ

Выработанное торфяное месторождение – это объект торфодобычи после окончания его эксплуатации предприятием торфодобычи, на котором выполнен комплекс работ в соответствии с одним из направлений рекультивации [43].

Добыча торфа на торфяном болоте прекращается при сработке залежи до 0,5–0,7 м, а осушительная система, функционировавшая в процессе добычи торфа, ликвидируется. В зависимости от способа добычи выработанные торфяники представляют собой почти «лунный пейзаж». Это разрушенные и заплывшие каналы, обилие ям разной глубины, отсутствие растительности (если поля вышли из эксплуатации недавно) или, наоборот, густо заросшие травой, кустарником и мелкоколесым бровки, откосы каналов и кавальеры. И только при добыче торфа фрезерным способом выработанная площадь представляла более ровную поверхность. Площадь таких выработанных торфяных месторождений в России к концу двадцатого столетия насчитывала 1 млн. га. В России проблема рекультивации выработанных торфяников особенно актуальна в центральной части Европейской территории России, где сосредоточено более 70 % выработанных торфяников. Вместе с тем, в перспективе площади таких земель будут увеличиваться.

В Западной Сибири торфяники занимают площадь в 3442,8 тыс. га, а выработанные торфяные земли – не более 20 тыс.га. Для окультуривания и рационального использования выработанных торфяников и превращения остаточного слоя в почву, имеющую высокое и эффективное плодородие, необходимо оптимизировать почвенные режимы и, в первую очередь, водно-воздушный режим.

Регулировать водный режим выработанных торфяников сложнее, чем обычных торфяных залежей, вследствие различий в водно-физических свойствах остаточного, торфяного и минерального грунтов. На границе торфа и контактного слоя происходит разрыв капиллярной каймы, в результате которого влагообмен верхнего слоя нарушается.

3.4.1. ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА РЕКУЛЬТИВАЦИИ

В 1998 году на рекультивированной территории торфяного месторождения «Таган» был выбран опытный участок площадью 30 м². Остаточная торфяная залежь имеет однородное строение и сложена в основном древесным торфом (табл.30). Это свидетельствует, как отмечалось выше, о том, что на протяжении длительного времени развитие болота происходило при неизменном гидрологическом режиме в условиях богатого водно-минерального питания.

Таблица 30

Ботанический состав остаточного слоя торфа рекультивированного участка

Глубина, см	Ботанический состав (процент участия)	Вид торфа	Степень разложения, %
Деляна 1			
0 - 20	древесина К*, Б - 40, вахта-40, о. волосистоплодная – 10, о. вздутая-5, неопределенные травы -5	древесно-травяной (вахтовый) низинный	60
20 – 40	древесина Б, К, С -30, вахта -45, о. волосистоплодная-5, о. вздутая -5, тростник-55	древесно-травяной (вахтовый) низинный	45
40 – 60	древесина Б, С, К -15, вахта-30, о. волосистоплодная -40, о. вздутая – 10, тростник-5, меззизия-ед.	травяной низинный (вахтово-осоковый)	40
60 – 80	древесина Б, С, К -15, вахта 10, о. волосистоплодная 55, тростник-10, папоротник10	травяной низинный (лазнокарпа вариант)	45
80 – 100	древесина -15, вахта-30, о. волосистоплодная -30, папоротник - 25, о. дернистая-ед., тростник-ед.	травяной низинный (лазнокарпа вахтово-папоротник)	50

Примечание: К – кедр, Б – береза, О – осина, С – сосна

3.4.2. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Чем меньше мощность остаточного торфяного слоя, тем контрастнее его режим увлажнения, тем быстрее изменяются его водно-физические свойства (табл. 31).

Таблица 31

Водно-физические свойства выработанного участка

Мощность остаточного слоя торфа, см	Слои, см	Объёмная масса, г/см ³		Удельная масса, г/см ³		Полная влагоёмкость, % от объёма		Порозность, % от объёма	
		1*	2	1	2	1	2	1	2
50	0-25	0,64	0,56	2,20	2,16	76,5	118,5	71,0	74,1
	25-50	1,45	1,49	2,68	2,63	39,2	41,3	46,0	43,4
100	0-20	0,22	0,24	1,58	1,58	100,0	106,0	86,1	84,8
	20-50	0,21	0,29	1,63	1,95	283,0	193,0	87,1	85,2

Примечание. *1 – после выработки, 2 – через три года

Наблюдения за уровнями почвенно-грунтовых вод (нормой осушения) показали, что при малой мощности остаточного слоя торфа уровни грунтовых вод находятся значительно ближе к поверхности и характеризуются резкими колебаниями. Так, во влажный период на участках с мощностью торфа 50 см уровни грунтовых вод поднимались близко к поверхности с амплитудой колебаний от 10 до 70 см и полностью зависели от количества выпавших осадков. Уровни грунтовых вод на участках с мощным остаточным слоем торфа находились на глубине 70–85 см в течение всего сезона и колебания их были незначительными.

Максимальный слой стока за влажный год составляет на участке с 0,5 м слоем торфа 0,746–0,766 л/сек с га, тогда как на участке с метровым слоем торфа лишь 0,340–0,190 л/сек с га. Объём стока за весенне-летний период на участках с мощностью 25, 50 и 100 см составил соответственно 58,2; 31,2 и 17,1 мм. Это связано с тем, что при увеличении мощности торфа ухудшается водопроницаемость и, следовательно, замедляется водоотдача. Таким образом, чем меньше мощность остаточного слоя торфа выработанного торфяника, тем больше он нуждается в гидромелиоративных мероприятиях.

Водно-физические свойства остаточного слоя представлены в (табл.32) для метрового слоя торфяной залежи характерны небольшие значения объёмной массы и только в слое 0–20 см они имеют более высокие значения, возможно, за счёт присутствия песчаной фракции, вывернутой на поверхность при прокладке каналов в подстилающих породах.

Таблица 32

Водно-физические свойства остаточного слоя торфа

Глубина, см	Удельная масса, г/см ³	Объёмная масса, г/см ³	Полная влагоемкость, %	70% от ПВ	Аэрация, %
0 - 20	1,56	0,22	390	273	25,2
20 – 40	1,53	0,15	601	421	16,2
40 – 60	1,53	0,15	601	421	6,8
60 – 80	1,53	0,14	649	454	5,8
80 – 100	1,51	0,13	703	492	3,0

Примечание: ПВ – полная влагоемкость

Мелиоративное состояние массива характеризуется, прежде всего, неравномерностью осушения. В связи с подъемом уровня воды в р. Томи в период весеннего половодья и слабым уклоном русла р. Черной, отмечается подпор воды в осушительной сети и, как следствие, подтопление карт 1, 2, 12, 20, 21, 24 (рис. 31).

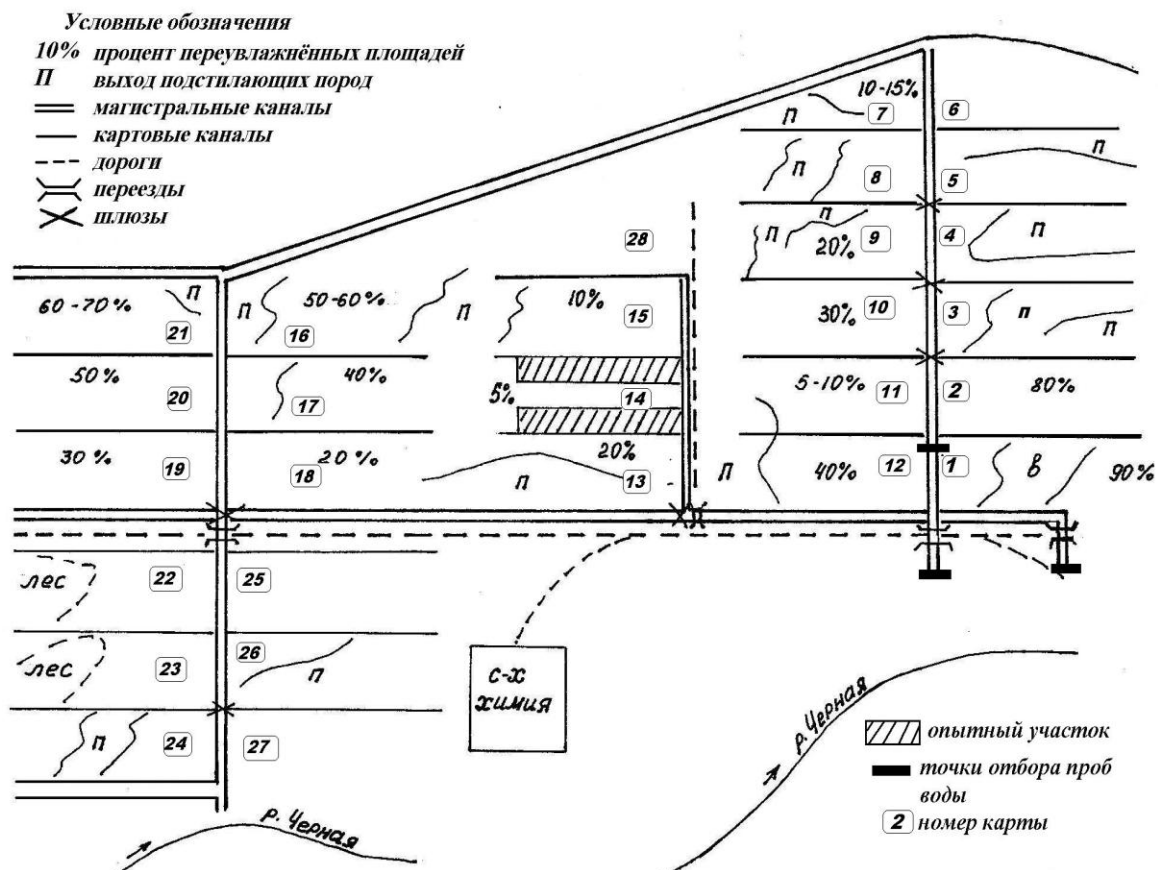


Рис. 31. Мелиоративное состояние выработанного и рекультивированного участка

Окислительно-восстановительные условия выработанных торфяников изучены слабо. В работах чаще всего приводятся данные разовых замеров ОВП. В профиле только что вышедших из-под добычи выработанных торфяников, в которых глеевой процесс начинается уже с глубины 40–60 см, ОВП не превышает 200 мВ. На хорошо осушенных выработанных торфяниках, где преобладают дерновые процессы, в период глубокого стояния уровней грунтовых вод (до 100 см) ОВП имеет высокие значения (Еh 500–700 мВ). Таким образом, на выработанных торфяниках на смену анаэробным процессам приходят аэробные, которые полностью определяют смещение биологического равновесия в сторону ускорения процессов минерализации торфа.

Почвы выработанных торфяников характеризуются и ухудшением тепловых свойств. Типичным для них является медленное прогревание весной и быстрое охлаждение при снижении температур воздуха. В летний период торфяной слой подвергается резким колебаниям температуры воздуха.

Остаточный слой торфа характеризуется слабокислой реакцией почвенного раствора и не нуждается в известковании. Содержание валовых фосфора, железа и кальция характеризуется неравномерным распределением по площади выработанного торфяника. Обеспеченность

почв фосфором колеблется от низкой до повышенной, обеспеченность калием характеризуется как крайне низкая (табл.33).

Таблица 33

Физико-химическая характеристика остаточного слоя торфа

Содержание	Зольность А, %	рН	Степень разложения, R, %	Содержание минеральных элементов					
				в % на золу			в % на сухое в-во		
				CaO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
макс.	97,4	6,5	95	46,2	46,47	3,73	8,53	8,25	0,46
мин.	4,58	4,9	10	8,4	1,43	0,14	1,06	0,73	0,02
ср.	14,2	5,6	34	26,1	21,0	1,43	3,22	2,4	0,18

Содержание общего углерода в торфяном профиле изменяется от 14,63 до 34,49% от массы сухого вещества. Отдельные фракции органического вещества (ОВ) относительно равномерно распределены по профилю остаточной торфяной залежи (рис. 32). Содержание липидов изменяется в пределах от 4,57 до 7,88 % от C_{общ} с равномерным увеличением вниз по профилю. Фракция гидролизуемых веществ характеризует обогащённость ОВ торфа углеводами – целлюлозой и гемицеллюлозой (3,55–6,33 %).

В составе органического вещества остаточной торфяной залежи преобладают гуминовые кислоты. Их содержание по профилю изменяется от 35,53 % в слое 0–10 см до 54,48 % на глубине 70–80 см, оставаясь практически на таком уровне до подстиляющей породы.

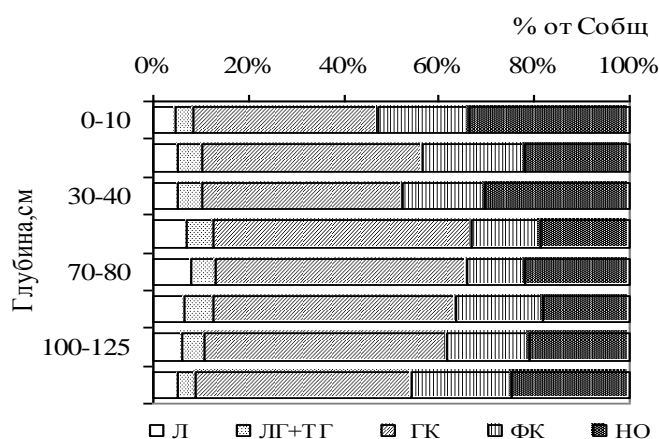


Рис. 32. Состав органического вещества торфов

Содержание фульвокислот в 2-4 раза меньше, чем гуминовых кислот и составляет 12,41–21,48 % от $C_{\text{общ}}$. Следует отметить повышенное содержание гуминовых кислот в торфяной залежи по сравнению с ранее полученными результатами по аналогичным торфам Западно-Сибирского региона [44]. Это можно объяснить активизацией процесса гумификации в окислительных условиях, которые создаются в профиле при подстилании торфяной залежи грунтами лёгкого механического состава. Параллельно с увеличением содержания гуминовых кислот в торфяниках происходит снижение трудногидролизуемых веществ (целлюлозы).

В остаточной торфяной залежи среди фракций гуминовых кислот доминирует третья фракция (16,61–28,59 % от $C_{\text{общ}}$), устойчивая к биохимической деструкции. Отмечается также повышенное содержание второй фракции гуминовых кислот (14,49–20,23 %), связанной с кальцием, которая соответствует содержанию «серых» гуминовых кислот (табл. 34). По-видимому, появление в торфянике второй фракции гуминовых кислот обусловлено накоплением в торфяной залежи валового кальция.

Таблица 34

Фракционный состав гуминовых кислот, % от $C_{\text{общ}}$

Глубина, см	Вид торфа	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Сумма ГК/сумма ФК
		1	2	3	Сумма	1a	1+2	3	Сумма а	
0-10	древесный	5,94	14,49	18,39	38,82	4,97	11,12	2,97	19,06	2,04
10-20	древесный	7,03	19,42	20,04	46,49	3,75	14,78	2,95	21,48	2,16
30-40	древесный	8,75	17,97	28,59	42,31	3,05	10,12	3,8	16,97	2,49
50-60	древесный	8,96	17,26	28,26	54,48	1,6	7,59	5,05	14,24	3,83
70-80	древесный	9,4	16,74	26,3	52,45	1,58	10,47	0,36	12,41	
90-100	древесный	8,6	15,83	26,49	50,91	1,82	7,46	8,78	18,07	2,82
100-125	древесный	8,69	16,55	25,92	51,16	2,02	10,83	4,38	17,23	2,97
125-140	древесный	8,68	20,23	16,61	45,52	4,37	10,25	6,34	20,96	2,17

Примечание: ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты.

В остаточной торфяной залежи содержание общего азота изменяется в пределах 0,63–2,76 % от а.с.в. (табл. 35), равномерно снижаясь с глубиной. Органический азот представлен преимущественно фракцией негидролизуемого азота (70–87 % от $N_{\text{общ}}$), при этом относительная величина негидролизуемого остатка мало изменяется по торфяному профилю.

Содержание трудногидролизуемого азота в торфянике изменяется от 1,51 до 8,49 %, а легкогидролизуемого - от 6,88 до 19,90 % от $N_{\text{общ}}$. Содержание минерального азота невелико, и его пределы составляют 0,59–2,58% от $N_{\text{общ}}$. Таким образом, генетические условия торфяника (более

лёгкое сложение, хорошая дренируемость) и его рекультивация обуславливают оптимальный водно-воздушный режим для более активного накопления легкогидролизуемой и минеральной фракций азота.

Таблица 35

Фракционный состав азота

Глубина, см	Ботанический состав	Нобщ, %	мг/100 г а.с.в.			% от N общ			НГО, %
			Нмин	Нлг	Нтг	Нмин	Нлг	Нтг	
0-10	древесный	2,223	31,99	153,03	94,08	1,44	6,88	4,23	87,45
10-20	древесный	2,038	35,12	275,34	47,04	1,72	13,51	2,31	82,46
30-40	древесный	2,408	18,19	245,23	103,49	0,76	10,18	4,29	84,77
50-60	древесный	2,033	11,92	216,98	172,51	0,59	10,67	8,49	80,25
70-80	древесный	2,072	38,89	177,49	69,00	1,88	8,57	3,33	86,22
90-100	древесный	1,854	35,43	250,50	27,98	1,91	13,51	1,51	83,04
100-125	древесный	1,904	25,09	144,26	69,00	1,32	7,58	3,62	87,48
125-140	древесный	0,896	23,15	178,67	62,33	2,58	19,90	6,96	70,56

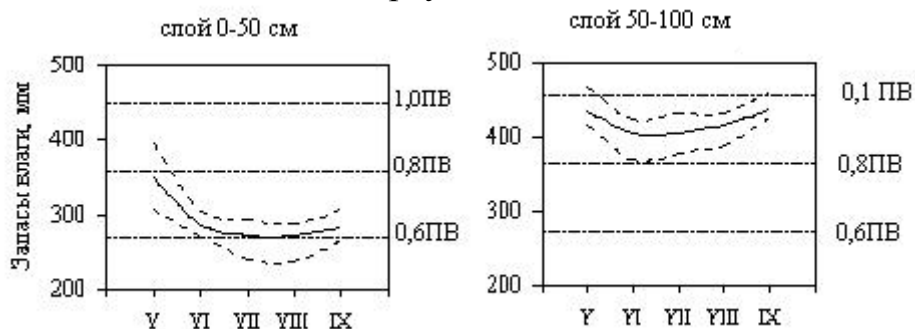
Примечание: а.с.в. – абсолютно сухое вещество, Нобщ – общий азот, Нмин – минеральный азот, Нлг – легкогидролизуемый азот, Нтг – трудногидролизуемый азот, НГО – негидролизуемый остаток

3.4.3 РЕЖИМЫ

Гидротермический. Наибольшее понижение УБВ наблюдается в сухие годы (69–95 см от поверхности). В более влажные годы уровни болотных вод снижаются до 43 см.

Влагозапасы слоя 0–50 см изменялись в пределах 0,8–0,6 ПВ (ближе к последней), а слой 50–100 см – в пределах 0,8–1,0 ПВ (рис. 33). Вместе с тем в отдельные годы влагозапасы в верхней полуметровой части остаточной торфяной залежи опускались ниже 0,6 ПВ, что указывает на периодическое переосушение этого слоя.

Несмотря на то, что по годам влагообеспеченность вегетационных периодов различается, влажность слоя 0–50 см поддерживалась в пределах 0,6 ПВ–0,8 ПВ, в то время как нижняя полуметровая часть профиля испытывала почти постоянное переувлажнение.



Обозначения: — среднее значение; ---- экстремальные значения

Рис. 33. Динамика послойных запасов влаги, мм.

Метровый профиль выработанного торфяника прогревается до активных температур в последней декаде июля – в первой декаде августа, и только в самый сухой год – в первой декаде июня. Летние температуры (более 15°C) проникали в отдельные годы на глубину от 40 до 100 см и сохранялись на глубине 40 см от 12 до 113 дней, что составляет 9–84 % от всего периода наблюдений.

Самый контрастный температурный режим (от 7,2 до 31,4 °C) формируется в поверхностном слое 0–10 см.

Окислительно-восстановительные условия. В остаточном торфяном слое ОВП изменяется в метровом профиле в пределах от (-245) до (+923) мВ. В торфянике по окислительно-восстановительным условиям выделяется два слоя: верхний, 0–40 см, где в течение периода наблюдений отмечаются преимущественно высокие положительные значения ОВП от (+191) до (+923) и развиваются устойчивые окислительные условия. Далее вниз по профилю, с увеличением влажности и уменьшением температуры окислительные условия сменяются восстановительными.

Биологический режим рассмотрим на примере целлюлозолитической активности. В среднем вегетационный период целлюлозолитическая активность в остаточном торфяном профиле изменяется в пределах от 0,0 до 67,1 %, в среднем составляет 13 %, но в целом характеризуется по шкале [45] как слабая (табл. 36). Более высокая целлюлозолитическая активность отмечается в слое 0–40 см с устойчивыми окислительными условиями и влажностью торфяной залежи, близкой к 60 % ПВ (1,5–67,1 %). Вниз по торфяному профилю выражена тенденция к снижению активности целлюлозолитической микрофлоры. Наименьшее разложение клетчатки наблюдается в слое 60–80 см (0,2–8,0 %). Благоприятные условия для активной деятельности целлюлозолитической микрофлоры создаются в торфяной залежи только к августу-сентябрю.

Таблица 36

Целлюлозолитическая активность выработанной ТЗ, %

Годы	Глубина, см	Целлюлозолитическая активность, n*=4									
		май - июнь		июнь - июль		июль - август		август - сентябрь			
		M±md	Cv,%	M±md	Cv,%	M±md	Cv,%	M±md	Cv,%		
1998	0-20	7,4 ± 1,40	38	32,6 ± 4,31	26	41,9 ± 4,81	23	26,3 ± 2,17	17		
	20-40	7,3 ± 1,36	37	3,4 ± 0,70	41	11,4 ± 2,20	39	15,6 ± 2,10	27		
	40-60	4,0 ± 0,39	20	4,3 ± 0,85	39	2,2 ± 1,19	107	7,4 ± 2,41	65		
	60-80	4,0 ± 0,00	50	2,7 ± 0,39	29	2,5 ± 0,45	36	8,0 ± 0,31	8		
	80-100	3,5 ± 0,95	55	5,7 ± 1,81	63	3,8 ± 1,06	56	14,8 ± 2,42	33		
1999	0-20	15,0 ± 1,73	23	12,1 ± 1,23	20	45,5 ± 4,03	18	24,0 ± 0,00	39		
	20-40	5,1 ± 0,68	27	1,5 ± 0,69	95	23,2 ± 1,95	17	12,5 ± 3,90	54		
	40-60	1,3 ± 0,34	54	0,2	–	17,2 ± 4,47	52	14,4 ± 2,99	42		

	60-80	3,0 ± 0,38	26	0,2 ± 0,10	87	5,0 ± 1,02	40	6,4 ± 1,64	51
	80-100	1,1 ± 0,15	27	0,9 ± 0,36	79	11,2 ± 1,03	18	8,0 ± 1,11	28
2000	0-20	9,4 ± 3,90	83	60,5 ± 1,95	6	60,3 ± 3,81	13	67,1 ± 4,28	13
	20-40	0,2	–	18,1 ± 0,47	5	37,7 ± 3,16	17	32,6 ± 2,55	16
	40-60	0,0	–	7,8 ± 0,42	11	6,0 ± 1,03	34	8,5 ± 2,77	65
	60-80	7,0 ± 1,75	50	2,7 ± 0,09	6	5,0 ± 1,10	44	7,5 ± 1,16	31
	80-100	10,2 ± 0,66	13	8,7 ± 0,86	20	8,6 ± 1,36	32	18,2 ± 1,25	14

Примечание: *n – число членов выборки; M – среднее; md – ошибка среднего; Cv – коэффициент вариации, « – » - не определялось

Эмиссия CO₂. Количество выделяющегося CO₂ изменяется в очень широких пределах (91,7–937,6 мг CO₂/м²×ч), что в 1,7–2,6 раза выше, чем, например, в маломощном осушенном пойменном торфянике Центральной части России, сформированным древесно-травяным видом торфа (120-183 мг CO₂/м²×ч) и в 1,5–2,5 раза выше по сравнению с эмиссией торфяников Северо-Запада России, сложенных древесным и древесно-осоковыми видами торфа, используемыми под многолетние травы (124–206 мг CO₂/м²×ч).

Рассмотрим, какие факторы влияют на интенсивность выделения CO₂. Интенсивность выделения CO₂ определяется температурой воздуха на высоте 2 м и температурой в торфяной залежи, а также колебаниями УБВ. Полученные результаты позволили рассчитать годовой поток углерода с поверхности выработанной ТЗ. В среднем за годы исследований торфяная залежь в год теряет с квадратного метра 214,0 г углерода. Наименьшие потери органического вещества в виде годового потока углерода наблюдаются в условиях влажности года (177,8 г C/м²×год).

4. СТАЦИОНАР ТУРОЧАК (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

В 2001 г. Сибирским НИИ геологии, геофизики и минерального сырья был проведен анализ торфяных ресурсов Горного Алтая на основании систематизации имеющихся сведений по литературным источникам, материалам геологической съемки, топографическим картам. На основании такой работы на территории Республики Алтай было выделено 14 месторождений с суммарными прогнозными ресурсами – 7614 тыс.т. на площади промышленной глубины торфяной залежи 3480 га. На государственном балансе числится только Ыныргинское месторождение с запасами торфа – 744 тыс. т, из них балансовыми – 105 тыс. т. Площадь болот по отношению к общей территории горной страны, как указывается в геологическом отчете, составляет менее 1 %.

Болота Горного Алтая практически не изучены даже с позиций запасов торфа. С целью выявления геохимической ситуации болот и

заболоченностей в 2007–2009 гг. были проведены три комплексные экспедиции по болотам Республики Алтай, взяты образцы для проведения анализа. В настоящее время проводится изучение свойств торфов Республики Алтай.

4.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Болота Горного Алтая развиваются преимущественно в долинах рек и имеют современное происхождение. В настоящее время процесс болотообразования происходит путем зарастания стариц и долинных озер, а также заболачивания суши, лесов и лугов. Наибольшие площади болот сосредоточены в Северо-Восточном Алтае, где выпадает большое количество осадков и значительна мощность снегового покрова при невысоких уклонах стока вод по сравнению с другими районами Горного Алтая. Район расположен в северо-восточной низкогорной части республики, территория его составляет 11015 кв.км. В орографическом отношении северо-восточная часть республики граничит на севере с Западно-Сибирской равниной, на северо-востоке – с горными системами Западных Саян и Горной Шории.

Как и в целом по республике, в северо-восточной части ее отмечается увеличение высоты гор и их протяжённость с севера на юг. Абсолютные отметки территории колеблются в широких пределах – от 230 м (урез рек Катунь и Бия) до 1500-2200 м (горные вершины). Для северо-восточной части Горного Алтая характерен низкогорный рельеф. На высоких водоразделах низкогорный рельеф сменяется гольцовым среднегорьем. Низкогорный рельеф в северо-восточной части республики покрыт таежными лесами, поднимающимися до высот 1700 м.

С точки зрения болото- и торфообразования наибольший интерес среди многообразия форм горного рельефа в северо-восточной части республики представляют такие орографические элементы как расширенные участки долин, получившие у некоторых авторов название «частные впадины». Именно к этим формам рельефа приурочены обширные заболоченности (Ыныргинское болото).

Территория северо-востока Республики Алтай характеризуется сложным складчато-блоковым строением, сформированным в процессе длительного многоэтапного развития [46]. В геологическом строении территории принимает участие большое количество структурно-вещественных комплексов, которые в соответствии с их возрастом, составом, структурно-тектонической и геодинамической позицией могут быть рассмотрены как производные основных шести этапов геологического развития региона в составе соответствующих мегакомплексов.

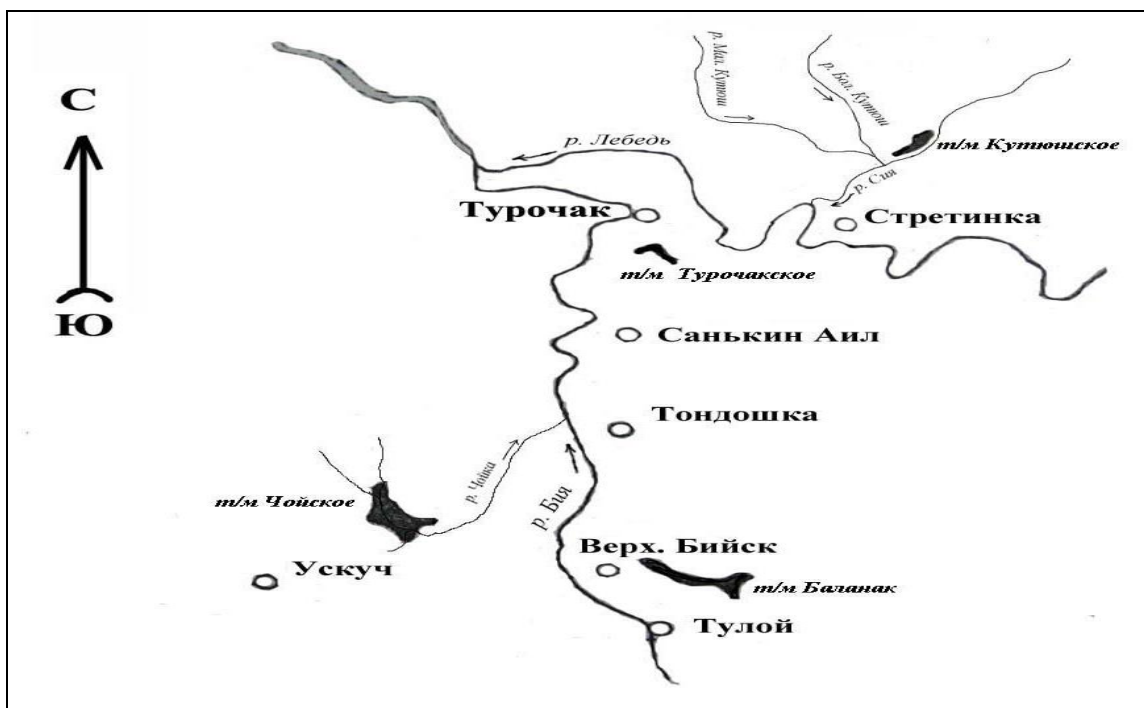


Рис. 34. Схема торфяных месторождений Турочакского района (Турочакское, Кутюшское, Чойское, Баланак)

Согласно инженерно-геологическому районированию в северо-восточной части территории Республики Алтай по морфометрическому и морфогенетическому признаку выделяются преимущественно 2 области – предгорье и низкогорье, на восточной границе республики для водораздельных пространств характерен среднегорный рельеф.

Северный Алтай находится под влиянием западносибирского климата, но отличается меньшей континентальностью: зима теплее, лето холоднее, осадки в течение года распределяются более равномерно. Температура воздуха для районов Северного Алтая по данным метеостанций колеблется от -47°C до $+36^{\circ}\text{C}$. Средняя температура воздуха в январе -16°C , в июле $+18^{\circ}\text{C}$. В предгорьях зима более мягкая, отличающаяся значительной снежностью, но также с большим числом часов солнечного сияния. Снежный покров здесь достаточно мощный и лежит 170-185 дней. На высоте 1600 м мощность снежного покрова возрастает иногда до 3 м, в долинах небольших рек нередко достигает 150-200 см и не тает до поздней весны.

Северный Алтай по обеспеченности водой относится к гумидным влажным областям. В долинах и низкогорьях выпадает 850–900 мм, а в отдельные годы до 1100 мм осадков в год, из них 70-80 % приходится на летний период. Влажность воздуха особенно велика в районах с большим количеством осадков, так как и в ясные дни воздух насыщен влагой за счет интенсивного испарения и мощной транспирации растений. Относительная влажность изменяется в основном от 65 до 80%, коэффициент увлажнения 1,23 [47,48].

В Северном Алтае в условиях влажного климата смена почвенных поясов выражена наиболее просто. Междуречья низкогорий представлены выщелоченными и оподзоленными черноземами, сменяющимися в северо-восточном направлении серыми лесными почвами. Под черневой тайгой сформированы горно-лесные бурые оподзоленные почвы. На границе леса почвы лесотундровые, переходящие в горно-тундровые. В долинах рек почвы преимущественно черноземно-луговые, выщелоченные и оподзоленные черноземы, в южном направлении переходящие в обыкновенные черноземы. Для почв характерно сквозное промачивание, минеральные соли выносятся в нижние горизонты, поэтому почвы малопродуктивны и имеют кислую реакцию [49].

Торфяное месторождение Турочакское расположено в Турочакском районе в 1,69 км к югу от районного центра Турочак. Современный растительный покров на торфяном месторождении представлен эвтрофными видами растений. Растительность характеризуется древесно-осоковым фитоценозом. Древесный ярус характеризуется присутствием березы высотой 8 м, диаметром 10 см, встречается и сосна. Подлесок средней густоты, образован ивой, средняя высота 2 м. Травяной ярус представлен в основном осокой, реже отмечены хвощ, папоротник. Микрорельеф кочковатый – осоково-моховые кочки высотой 0,2 м. Обводненность поверхности – от средней до высокой. Общий объем торфа-сырца на торфяном месторождении составляет 5713 тыс. м³, запасы торфа (40 % условной влажности) – 849 тыс. т. Торфяная залежь низинного типа. Площадь месторождения в нулевой границе 119 га, в границе промышленной глубины торфяной залежи (по глубине 0,7 м) – 81 га. Глубина торфяной залежи в среднем составляла 2,5 м при экстремальных значениях 0,6-6,0 м. В основании залежи отмечается горизонт (до 2,5 м) органо-минеральных отложений [52]. Возраст болота составляет 7060±90 лет.

Торфяное месторождение Кутюшское расположено в Турочакском районе на расстоянии 6,3 км на северо-восток от районного центра Турочак.

Болото имеет смешанное атмосферно-грунтовое питание, характеризуется как переходное и относится к долинному типу. Ширина болота – 800 м, длина около 2 км, располагается в узких сильно вытянутых долинах малых речек Большой Кутюш, Малый Кутюш, Сия. Обследована часть месторождения между реками Сия и Малый Кутюш.

Растительность на месторождении в отдельных его частях существенно различается. Встречались практически безлесные пространства, ровные и покрытые сплошным моховым покровом с невысокой осокой. В отдельных местах месторождения произрастала береза высотой 2-4 м с редкой сосной и, наоборот, преобладала сосна с редкой березой. В травяном ярусе отмечены осоки лазиокарпа, диандра,

лимоза. Моховой ярус сложен сфагновыми мхами. На открытой части месторождения были обнаружены небольшие повышения на поверхности, усыпанные растением росянкой.

Предварительно подсчитанные ресурсы торфа составили 272 тыс. т. Площадь месторождения в нулевой границе 850 га, в границе промышленной глубины торфяной залежи (по глубине 0,9 м) 125 га. Глубина торфяной залежи средняя – 1,4 м, с экстремальными значениями 0,3-2,1 м [50].

Торфяное месторождение Баланак расположено в Турочакском районе на расстоянии от районного центра Турочак на юге в 22 км; с. Верх. Бийск на северо-востоке в 1,5 км; с. Тулой на севере в 3,7 км.

Месторождение выявлено на стадии детальных поисков в 1988 г. Прогнозные ресурсы (P₁) торфа составляют 418 тыс. т. Торфяная залежь низинного типа. Площадь в нулевой границе 193 га, в границе промышленной глубины торфяной залежи (по глубине 0,7 м) – 128 га. Глубина торфяной залежи (средн./мин.–макс., м) – 1,55/0,7-6,0.

На месторождении имеются органо-минеральные отложения в основании торфяной залежи. Их объём составляет 220 тыс. т, зольность – 54 %. Месторождение обводнено. Осушение возможно в реке Сухая, которая протекает по месторождению и является его водоприёмником. Месторождение полыми водами не заливается. Окружающими суходолами являются луга [50].

4.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЙ (ТУРОЧАКСКОЕ, КУТЮШСКОЕ, БАЛАНАК)

4.2.1. ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ ТУРОЧАКСКОЕ

Пункт наблюдения Турочакское имеет следующие координаты (N 52°13'521", E 87°06'705") и располагается на Турочакском месторождении.

Физико-технические свойства. Верхний слой залежи (1 м) сложен слаборазложившимся древесно-осоковым торфом со степенью разложения 20 %. В основании находится мощный пласт (3,5 м) низинного торфа осокового, травяного и древесно-травяного вида с высокой степенью разложения от 30 % до 60 %. Торфа высокозольные (21–38 %) (табл. 37).

Таблица 37

Физико-техническая характеристика торфов

Точки отбора проб	Глубина, см	Вид торфа	Степень разложения R, %	Зольность, А, %	Влага, %
Т. 1	0-100	древесно-осоковый	20	24	89
	100-150	осоковый низинный	30-35	30	88
	150-200	травяной низинный	40	38	84

	200-250	древесно-травяной	35-45	26	87
	250-325	травяной низинный	45-55	32	82
	325-450	травяной (вахтовый)	55-60	21	83

Состав органического вещества. Осоковый низинный торф характеризуется значительной степенью разложения, которая находится в пределах 30-65 % и относится к высокозольным торфам (табл. 38). Содержание битумов незначительно, наблюдается некоторое накопление их с глубиной торфяной залежи – до 2, 23 % (табл. 38).

Групповой состав органического вещества характеризуется явным преобладанием ГК, содержание которых вниз по профилю возрастает до 58 %. Глубина торфяной залежи с 50 до 425 см характеризуется гуматным составом профиля. Содержание ГК изменяется от 44,00 до 58,00 % для указанной глубины обследования. Содержание ФК значительно меньше и находится в пределах 10,00–18,00 %, отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ изменяется от 2,53 до 5,80 для нижнего горизонта.

Характерной особенностью исследуемого торфа является возрастание легкогидролизуемого остатка торфяной залежи вниз по профилю от 26,10 до 30,40 %. Отмеченное наблюдается на фоне уменьшения гидролизуемых веществ (ЛГ и ТГ) от 4,00 до 1,00 %, а также на фоне уменьшения негидролизуемого остатка (НГ) вниз по профилю. Следует отметить, что для НГ веществ наблюдается фактически монотонное уменьшение его содержания от 7,36 до 4,32 %.

Таблица 38

Состав органического вещества торфа

Глубина, см	Вид торфа	Б	ГК	ФК	ЛГ	ТГ	НГ	ГК/ФК
		% от органического вещества						
50-75	осоковый низинный	1,05	44,00	15,00	26,10	4,00	7,36	2,93
125-175	осоковый низинный	1,18	45,60	18,00	20,26	4,00	8,60	2,53
225-275	осоковый низинный	1,50	50,00	15,00	24,00	2,00	7,61	3,33
325-375	осоковый низинный	1,85	50,00	15,00	26,15	1,00	5,31	3,33
400-425	осоковый низинный	2,23	58,00	10,00	30,40	1,00	4,32	5,80

Примечание: Б-битумы, ГК-гуминовые кислоты, ФК-фульвокислоты, ЛГ-легкогидролизуемые вещества, ТГ-трудногидролизуемые вещества, НГ-негидролизуемый остаток

Содержание микроэлементов. Полученные результаты по содержанию химических элементов (табл. 39) свидетельствуют о том, что торфяная залежь обогащена главным образом железом (от 9250 до 19497 мг/кг), что является характерной особенностью западносибирских торфов

[51–53]. В распределении марганца, цинка, меди, кадмия, свинца в торфяной толще отмечается контрастность между верхними слоями и нижними. Верхние слои характеризуются более высоким содержанием элементов.

Таблица 39

Содержание химических элементов в торфах, мг/кг с.т.

Глубина, см	Mn	Zn	Cu	Fe	Pb	Cd
0-50	11,20	27,60	6,43	18346	9,08	0,54
50-100	11,02	27,05	5,33	15467	7,19	0,38
100-150	8,46	23,05	7,88	11070	4,27	0,46
150-200	9,55	25,43	6,35	15573	5,05	0,35
200-250	12,25	20,50	8,26	18736	4,15	0,35
250-300	6,93	17,68	4,78	13075	3,47	0,23
300-350	6,03	14,39	4,70	15758	2,34	0,22
350-400	6,18	13,40	4,17	19497	2,87	0,24
400-450	4,26	8,35	4,78	9250	2,32	0,20

Торфа исследуемого месторождения характеризуются невысоким валовым содержанием цинка: 8,35–27,60 мг/кг. Среднее содержание цинка, например, в почвах Горного Алтая значительно больше и составляет 70,3 мг/кг [54]. Наблюдается весьма значительное вымывание меди из торфяной толщи валовое содержание, которого находится на уровне 4,17–8,26 мг/кг. Торф по содержанию кадмия находится фактически на уровне фоновых почв Алтайской горной области. Содержание свинца в исследуемых торфах ниже средней величины для почв Горного Алтая и составляет от 2,32 до 9,08 мг/кг.

Агрохимические свойства. Результаты, приведенные в таблице 40, свидетельствуют о том, что торфа является слабокислыми.

Таблица 40

Агрохимические свойства торфов

Глубина, см	рН сол	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Подвижные соединения, мг/100 г с.т.			
				мг-экв/100 г с.т.			
				N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-75	4,41	83	67	25	83	60	28
75-125	4,36	84	67	29	80	124	25
125-200	4,47	80	68	29	54	34	24
200-300	4,46	90	62	27	83	59	23
300-400	4,66	94	69	33	93	61	13
400-450	4,71	77	60	33	58	146	14

Сумма поглощенных оснований равномерно изменяется по профилю торфяной залежи (77-94 мг×экв/100 г с.т.). Увеличение величины гидролитической кислотности наблюдается в слоях 200-400 см. Наибольшее количество подвижного калия сосредоточено в верхних горизонтах торфяной залежи – 28 мг/100г. С увеличением глубины содержание подвижного калия снижается. Распределение подвижного фосфора по профилю торфяной залежи неравномерно. Значительное количество подвижного фосфора аккумулируется в придонных слоях и достигает 146 мг/100г.

В целом следует отметить довольно высокое содержание подвижного фосфора и азота. Так, содержание аммонийного азота изменяется от 58 до 93 мг/100г. Максимальное содержание аммонийного азота характерно для нижнего горизонта 400-450 см (146 мг/100г). Содержание нитратного азота в два и более раз ниже аммонийного и составляет 25-33 мг/100г.

ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ КУТЮШСКОЕ

Пункт наблюдения Кутюшское имеет следующие координаты: N 52°18' 231", E 87°15' 852' (рис. 34). Физико-химические свойства были определены для разных пунктов, расположенных на территории месторождения.

Физико-технические свойства. Верхний двухметровый слой болота сложен переходными торфами, степень разложения которых изменяется в широких пределах от 5 до 40 %. Торфа нормальнозольные (6-15 %) (табл. 41).

Таблица 41

Физико-техническая характеристика торфов

Точки отбора проб	Глубина, см	Вид торфа	R, %	A, %
т. 13	0-50	осоковый переходный	5-10	7
	50-75	осоково-пушиц. переход.	15	5
	75-125	осоково-шейхцер. перех.	20-45	5
т. 12	0-25	пушицево-сфагновый	10	7
	25-50	осоковый переходный	10	5
	50-75	пушицевый переходный	15	5
	75-100	шейхцер. переходный	15	34
т. 7	100-125	сфагновый переходный	35	49
	0-150	сфагновый верховой	0-15	6
	150-175	шейхцер. переходный	35	6
т. 8	175-200	шейхцер.-осоковый перех.	40	8
	0-125	сфагновый верховой	0-10	5
	125-175	пушиц.-шейхцер. верховой	35	8
	175-200	осоковый переходный	30-35	9

т. 9	0-50	сфагновый верховой	0-15	6
	50-100	осоково-шейхцер.верховой	25-40	6
	100-125	осоковый переходный	40	9
	125-175	шейхцер. переходный	40	15
т. 10	0-25	сфагновый переходный	0	9
	25-100	травяной переходный	35	12
	100-190	вахтовый низинный	40-45	23
т. 11	0-25	осоково-сфагновый	15	13
	25-75	осоковый переходный	40	20
	75-125	древесно-травяной	55	39

Состав органического вещества. В таблице 42 представлены результаты исследования торфяных залежей нескольких пунктов Кутюшского болотного массива.

Разновидность торфа представлена магелланикум-торфом (верховой), балтикум-торфом (верховой), переходным шейхцериевым осоковым торфом и вахтовым низинным. Для указанного месторождения степень разложения торфа составляет от 5 до 40 %. Особенностью указанного торфа является его достаточно низкая зольность, которая для разных пунктов составляет 3,2–19,8 %, что существенно отличает Кутюшский торф от Турочакского (табл. 39 и 42).

Содержание битумов изменяется в пределах от 3,3 % до 7,0 %, наибольшее накопление битумов характерно в осоковом торфе на глубине 125–190 см (т. 10) и в верховом балтикум-торфе на глубине 100–150 см (т. 7).

Таблица 42

Состав органического вещества торфа

Точка отбора, глубина, см	Вид торфа	Б	ГК	ФК	ЛГ	ТГ	НГ	ГК/ ФК
		% от органического вещества						
т. 7 (50-100)	магелланикум верховой	3,30	14,00	25,00	38,3	3,00	14,50	0,56
т. 7 (100-150)	балтикум верховой	6,10	20,00	20,00	32,00	5,00	15,20	1,00
т. 7 (150-175)	шейхцериевый переходный	3,80	40,00	16,00	26,00	2,00	10,00	2,50
т. 9 (125-175)	шейхцериевый	4,10	39,00	10,00	27,00	8,00	12,00	3,90
т. 10 (50-100)	осоковый	4,2	46,00	7,00	24,00	2,00	15,00	6,57
т. 10 (125-190)	вахтовый низинный	7,00	47,00	7,00	26,00	2,00	11,00	6,71
т. 11 (25-75)	осоковый	3,30	35,00	15,00	30,70	5,00	10,00	2,33

Примечание: Б-битумы, ГК-гуминовые кислоты, ФК-фульвокислоты, ЛГ-легкогидролизующие вещества, ТГ-трудногидролизующие вещества, НГ-негидролизующий остаток

Для одинаковых глубин разных пунктов отмечается уменьшение содержания гидролизуемых веществ вниз по профилю. Следует отметить достаточно монотонную зависимость снижения содержания ЛГ веществ с глубиной 50-175 см (т. 7) или фактически постоянные величины для ЛГ и ТГ веществ на глубине 50-190 см (т. 10). Содержание ГК на указанных максимальных глубинах торфяной залежи составляет 40-47 %, однако для т. 11 на значительно меньшей глубине (25-75 см) содержание ГК достигает 35 %. Особенностью Кутюшского торфяного месторождения является значительное содержание в групповом составе ФК, что видно из указанных соотношений $C_{ГК}/C_{ФК}$ (табл. 43). Состав органического вещества указанной торфяной залежи можно охарактеризовать как гуматно-фульватный. Торфяная залежь (т. 9 и т. 10) этого же месторождения является гуматной, для нее $C_{ГК}/C_{ФК}$ составляют 3,90-6,71.

Содержание микроэлементов. Характерной особенностью торфов является повышенное содержание железа (869–1901 мг/кг при среднем значении 1220). Медь, свинец и кадмий равномерно распределены по всей глубине торфяной залежи (табл. 43). В распределении цинка в торфяной толще отмечается контрастность между верхними слоями и нижними. Верхние слои характеризуются более высокими концентрациями элемента. Образцы торфа исследуемого месторождения характеризуются невысоким валовым содержанием цинка: 4,32-14,40 мг/кг. Наблюдается весьма неравномерное распределение по глубине марганца, валовое содержание которого изменяется в пределах от 6,00 до 22,43 мг/кг. Торф обследованного месторождения по содержанию кадмия находится фактически на уровне с фоновыми почвами Алтайской горной области. Содержание свинца в исследуемых торфах ниже средней величины для почв Горного Алтая и составляет от 2,26 до 3,17 мг/кг [55].

Таблица 43

Содержание микроэлементов, мг/кг с.т.

Глубина, см	Mn	Zn	Cu	Fe	Pb	Cd
0-25	22,43	14,40	6,90	1283	3,17	0,25
25-50	9,31	10,00	5,07	1168	2,85	0,22
50-75	6,86	7,19	6,77	1002	2,72	0,22
75-100	7,20	7,38	4,97	1264	2,26	0,17
100-125	11,87	8,83	5,41	1901	2,40	0,28
125-150	7,37	5,08	6,43	869	2,64	0,14
150-175	16,9	4,56	5,97	950	2,85	0,17
175-200	6,00	4,32	6,25	1326	2,69	0,20

Агрохимические свойства. Результаты, приведенные в таблице 44, свидетельствуют о том, что торфа являются слабокислыми.

Таблица 44

Агрохимические свойства торфов

Глубина, см	рН сол	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Подвижные соединения, мг/100 г с.т.			
				мг-экв/100 г с.т.			
				N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-50	3,82	52	127	33	233	16	51
50-100	4,01	36	172	27	167	13	22
100-125	4,41	60	180	39	162	10	11
125-175	4,07	60	180	25	150	10	11
175-200	4,22	66	180	25	153	10	11

Некоторое уменьшение величины гидролитической кислотности наблюдается для слоя 50-100 см. Начиная с глубины 50 см, резко увеличивается сумма поглощенных оснований.

Наибольшее количество подвижного калия и фосфора сосредоточено в верхних горизонтах торфяной залежи и составляет соответственно – 16 и 51 мг/100г. С увеличением глубины содержание подвижного калия и фосфора снижается. Содержание аммонийного азота изменяется от 150 до 233 мг/100г. Максимальное содержание аммонийного азота характерно для верхнего горизонта и составляет 233 мг/100г. Содержание нитратного азота в несколько раз ниже аммонийного и составляет 25–39 мг/100г.

4.2.3 ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ БАЛАНАК

Пункт наблюдения Баланак имеет координаты N 52°18'040", E 87°15'714".

Физико-технические свойства. Залежь сложена с поверхности травяным видом торфа, вниз по профилю чередуются прослойки древесного и травяного видов торфа. Качественные показатели торфа: невысокая степень разложения, значения зольности в пределах 21-26 % в верхней части торфяной залежи, далее с увеличением глубины залежи степень разложения может увеличиваться до 55 %. Торфа высокозольные (38-52 %) (табл. 45).

Таблица 45

Физико-техническая характеристика торфов

Глубина, см	Вид торфа	R, %	A, %	W, %
0-100	травяной, низинный	10-20	24	89
100-150	древесно-травяной низинный	25-30	38	88
150-275	травяной низинный	25-45	41	85
275-325	древесный низинный	40	43	84
325-350	осоковый низинный	45	42	84

350-375	древесный низинный	40	46	81
375-400	древесно-осоковый низинный	40	49	79
400-475	осоковый низинный	50-55	52	74

Состав органического вещества. Содержание битумов также незначительно, как и для ранее рассмотренных Турочакского и Кутюшского месторождений (табл. 46). Характерным является монотонное уменьшение содержания битумов с глубиной: от 2,70 до 0,60 %. Указанное является четким отличительным признаком торфов Северо-Восточного Алтая от западносибирских: содержание битумов в местном торфе в 2-5 раз меньше и с глубиной торфяной залежи отмечается закономерное снижение его содержания.

Таблица 46

Состав органического вещества торфа

Глубина, см	Вид торфа	Б	ГК	ФК	ЛГ	ТГ	НГ	ГК/ФК
		% от органического вещества						
0-25	травяной низинный	2,70	30,00	25,00	23,30	7,00	9,00	1,2
50-75	хвощевой низинный	1,47	40,00	15,00	29,00	7,00	7,00	2,67
175-200	травяной низинный	1,10	43,00	10,00	32,00	6,50	6,00	4,30
225-250	осоковый низинный	1,04	37,00	12,00	28,00	8,00	14,00	3,08
250-275	осоковый низинный	0,87	45,00	12,00	29,00	5,00	8,00	3,75
450-475	осоковый низинный	0,60	40,00	23,00	21,00	5,00	10,00	1,74

Примечание: Б-битумы, ГК-гуминовые кислоты, ФК-фульвокислоты, ЛГ-легкогидролизуемые вещества, ТГ-трудногидролизуемые вещества, НГ-негидролизуемый остаток

В групповом составе органического вещества торфяной залежи преобладают гуминовые кислоты. Их содержание в торфяной залежи изменяется в пределах 30-45 %. Содержание ФК в 2-3 раза меньше. Отмечается высокое содержание легкогидролизуемых веществ.

Агрохимические свойства. Торфа являются слабокислыми и нейтральными. Величины суммы поглощенных оснований составляет 68-100 мг/100 г (табл. 47).

Таблица 47

Агрохимические свойства торфов

Глубина, см	рН сол	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Подвижные соединения, мг/100 г с. т.			
				мг×эquiv/100 г с. т.			
				N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-25	7,23	36	100	62	231	86	58
50-100	5,91	48	84	47	250	66	48
100-150	6,66	36	84	45	185	26	33
150-200	7,01	24	100	40	342	41	38
200-250	5,84	60	68	42	291	30	35
250-300	6,80	48	100	46	235	36	38
300-400	6,01	45	99	106	233	75	53
400-475	5,85	36	84	113	229	86	50

Увеличение величины гидролитической кислотности наблюдается в верхнем горизонте и в слоях 150-200, 250-300 см. Содержание аммонийного азота существенно не меняется по профилю от верхних горизонтов к нижним и варьирует в пределах 185-342 мг/100 г. Максимальное содержание аммонийного азота характерно для слоя 150-200 см и составляет 342 мг/100 г. Такой же равномерный характер распределения наблюдается для подвижных соединений фосфора, калия. Нитратный азот аккумулируется в нижних слоях торфяной залежи (300-475 см) и достигает 106-113 мг/100 г.

4.2.4 РЕЖИМЫ

Динамика уровней болотных вод показывает высокую переувлажненность торфяного профиля Турочакского т.м. на протяжении всего вегетационного периода. Практически до конца августа УБВ находились близко к поверхности и только в сентябре отмечается снижение болотных вод до 7 см и в конце сентября до 25 см от поверхности.

Прогревание торфяной залежи до температуры 10°C отмечается до 1 м только в сентябре, но еще в июле такая температура поддерживалась только до в слое 20–40 см (табл. 48). Верхние слои 0–20 см прогревались до 15°C.

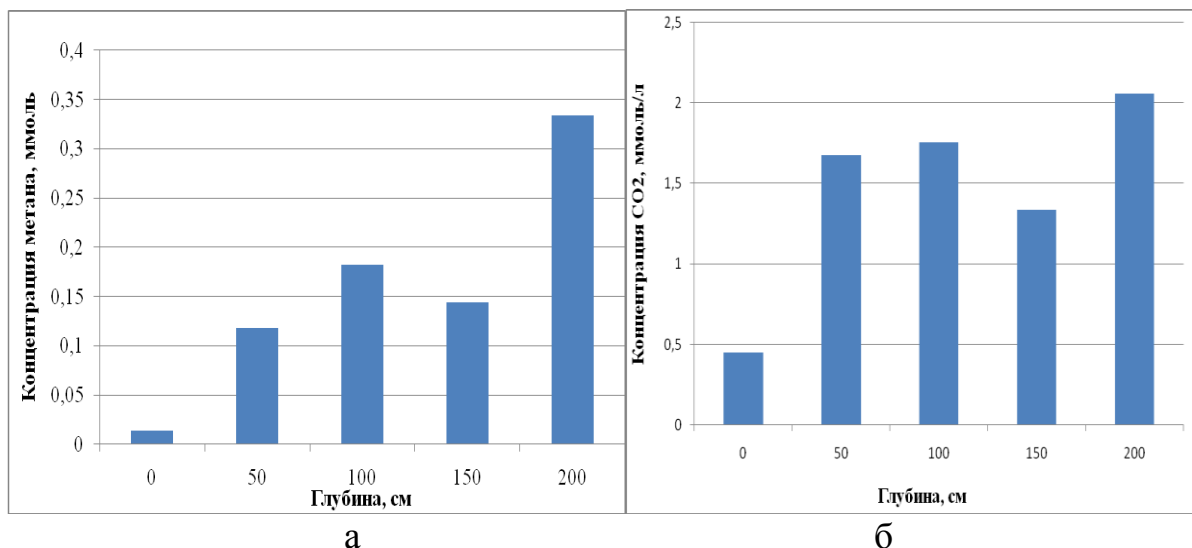


Рис. 35. Распределение метана (а) и CO₂ (б) в торфяной залежи Турочакского т.м.

С глубиной наблюдалось увеличение концентрации метана и CO₂. Однако увеличение содержания метана носило более выраженный характер – его концентрация увеличилась примерно в 30 раз.

Уровни болотных вод на т. м. Кутюшское на протяжении мая-августа поддерживались у поверхности и только 14 августа снизились до 5 см от поверхности. В сентябре продолжается снижение УБВ до 15 см. Таким образом, степень обводненности торфяной залежи достаточно высокая. Рассмотрим температурный режим за этот же период. По сравнению с Турочакским месторождением, торфяная залежь Кутюшского болота прогревается на большую глубину, что отчасти объясняется открытостью болота и соответственно его лучшей прогреваемостью (табл. 49). В июле изотерма деятельных температур достигла глубины 1 м и далее проникла до 1,4 м. Летние температуры поддерживались в слое 20-40 см на протяжении июля-августа.

Таблица 48

Температурный режим, °С, т. м. Кутюшское, п. 2, 2009 г.

№ датчиков температуры	Глубина, см	Дата наблюдения в 2009 года								
		5 июл	15 июл	25 июл	4 авг	14 авг	25 авг	3 сен	13 сен	23 сен
1	0	18,3	18,2	17,2	19	15,1	15,1	15	13,2	11,5
2	10	17,5	15,4	17,4	18	15,3	16,3	15	13,1	11,5
3	20	14,8	12,6	17	16	15,9	15,8	15	13,3	12,7
4	40	12,9	18,3	15,6	15	15,9	15	8,7	13,7	12,4
5	60	11,4	6,1	13,6	14	14,7	14	3,6	7,7	7,1
6	80	10,3	9,5	11,9	13	13,2	13,1	13	12,7	16,7
7	100	9,3	6,2	10,4	11	11,8	12	12	12	12,7
8	120	8,4	13	9,4	10	10,7	11,4	12	11,5	14,9

9	140	7,8	3,7	8,6	9,3	9,9	10,3	11	10,6	6,3
10	160	7,3	13,8	7,9	8,4	8,9	9,4	9,6	9,8	14,6
11	180	7,1	7,2	7,6	8	8,6	9	9,3	9,5	4
12	200	7	6,9	7,5	7,8	8,3	8,8	9	9,2	11,5

Таблица 49

Температурный режим, °С, т.м. Турочакское, п. 1, 2009 г

№ датчиков температуры	Глубина, см	Дата наблюдения в 2009 года								
		5 июл	15 июл	25 июл	4 авг	14 авг	25 авг	3 сен	13 сен	23 сен
1	0	18,5	18,9	15,9	23	13,3	18	9,8	12,4	9,3
2	10	17,8	18,8	15,3	20	13	17,4	9,9	11,9	9,3
3	20	13,4	16,7	14,7	16	13,4	14,7	9,7	11,1	9,4
4	40	9,8	12,9	14,1	13	13,3	12,8	10	10,7	9,7
5	60	8,8	10,7	12,5	12	12,2	11,8	9,8	10,3	9,9
6	80	8,4	9,5	11,2	11	11,6	11,1	9,3	10,6	10,1
7	100	7,3	8	11,7	9,4	10,1	10,1	8,4	11,4	9,6
8	120	6,8	7,3	8,1	8,4	9,2	9,3	1	9,4	9,3
9	140	5,8	6,2	6,7	7,3	7,7	9	0,3	8,5	8,4
10	160	5,5	5,8	6,1	6,6	7,1	7,5	0,6	8,1	7,8
11	180	5,1	5,4	5,7	6	6,4	6,8	0	7,4	7,5
12	200	4,8	5,1	5,3	5,6	6	6,5	0	6,8	7

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейштадт, М. И. Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири / М. И. Нейштадт. – М. : Наука, 1977. – 226 с.
2. Шалыт, М. С. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ / М. С. Шалыт // Полевая геоботаника : в 2 т. М. ; Л. : Наука, 1960. – Т. 2. – С. 369 – 447.
3. ГОСТ 28245–89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения.
4. ГОСТ 11306–83. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности.
5. ГОСТ 11623–89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности.
6. ГОСТ 27894.1.88 Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Метод определения гидролитической кислотности.
7. ГОСТ 27821–88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.
8. Технический анализ торфа / Е. Т. Базин [и др.]. – М. : Недра, 1992. – 431 с.
9. Замятина, Б. Б. Методы определения азота в почве / Б. Б. Замятина // Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – С. 94–95
10. Пономарева, В. В. Методы изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах / В. В. Пономарева, Т.А. Николаева // Почвоведение. – 1961. – №5. – С. 88–95.
11. Методы количественного органического элементного микроанализа / Н. Э. Гельман [и др.]. – М. : Химия, 1987. – 296 с.
12. Физика и химия торфа : учебное пособие для вузов / под ред. И. И. Лиштвана [и др.] – М. : Недра, 1989. – 304 с.
13. Аникиев, В. В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / В. В. Аникеев, К. А. Лукомская – М. : Просвещение, 1983. – 128 с.
14. Методы почвенной микробиологии / под ред. проф. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 223 с.
15. Круглов, Ю. В. Модификация газометрического метода определения каталазной активности / Ю. В. Круглов, Л. Н. Пароменская // Почвоведение. – 1966. – №1. – С. 93–95.
16. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М. : Наука, 1990. – 189 с.
17. Карягина, Л. А., Визначенне актыунасці поліфенолаксідазы і пераксідазы у глебе / Л. А. Карягина, Н. А. Михайловская // Весцы

- АН БССР. Серия сельскагаспадаргых навук. – 1986. – N 2. – С. 40–41.
18. Мурдам, Л. А. Динамика микробиологических процессов и ферментативной активности в связи с трансформацией азота в почве. : дисс. ... канд. биол. наук : 07.00.02. / Л. А. Мурдам. – Таллин, 1982. – 168 с.
 19. Ladd, J. N. Short-term assays of soil proteolytic enzymes activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates / J. N. Ladd, H. A. Butler // *Soil Biol. Biochem.* – 1972. – vol. 4. – P. 19-30.
 20. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск : Наука и техника, 1983. – 222 с.
 21. Указания по производству снегомерных наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах. – Л. : Гидрометеиздат, 1965. – 408 с.
 22. Наставления гидрометрическим станциям и постам. – Л. : Гидрометеорологическое издательство, 1990. – 360 с.
 23. ГОСТ 11305–83. Торф. Методы определения влаги.
 24. Научно-Техническая Лаборатория [электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.thermochron.ru> (2 февр. 2008).
 25. 52407-2005. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости.
 26. ГОСТ 4389–72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов.
 27. ГОСТ 4245–72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов.
 28. Резников А. А. Методы анализа природных вод / А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. – М. : Изд-во «Недра», 1970. – 488 с.
 29. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.
 30. Stienmann, Ph. Sampling anoxic porewaters in peatlands using «peepers» for in situ-filtration / Ph. Stienmann, W. Shotyk // *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry.* – № 354. – 1996. – PP. 709–713.
 31. Глаголев, М. В. Физикохимия и биология торфа. Измерение газообмена на границе почва/атмосфера / М. В. Глаголев, А. Ф. Сабреков, В. С. Казанцев. – Томск, Изд-во ТГПУ, 2010. – 96 с.
 32. ГОСТ 23781-87 Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава.
 33. Тюремнов, С. Н. О торфяных месторождениях Западно-Сибирской низменности / С. Н. Тюремнов // *Тр. Томск. Ун-та.* – Томск : Изд-во ТГУ, 1957-а. – Т. 141. – С. 81–95.
 34. Тюремнов, С. Н. Торфяные месторождения / С. Н. Тюремнов. – М. : Недра, 1976. – 487 с.

35. Кац, Н. Я. О позднечетвертичной истории ландшафта южной части Западной Сибири / Н. Я. Кац, С. В. Кац // Почвоведение. – 1949. – № 8. – С. 441–457.
36. Бронзов, А. Я. Верховые болота Нарымского края (бассейн р. Васюган) / А. Я. Бронзов // Тр. научно-исследовательского торфяного института, 1930. – Вып. 3. – 100 с.
37. Кац, Н. Я. Связь болотообразования с условиями развития рельефа и неоктоной Барабы / Н. Я. Кац, Е. П. Покрасс // ДАН СССР. – 1952 – Т. 87 – № 2.
38. Орлов, Д. С. Инфракрасные спектры поглощения гуминовых кислот / Д. С. Орлов, О. Н. Розанова, С. Г. Матюхина // Почвоведение. – 1962. – № 1. – С. 17–25.
39. Указания по расчётам стока с неосушенных и осушенных верховых болот. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 84 с.
40. Инишева, Л. И. Модель выноса растворенных веществ с заболоченного водосбора / Л. И. Инишева, Н. Г. Инишев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 2 – С. 9–12.
41. Мелиоративно-болотные стационары России / Сост. : Б. С. Маслов, В. К. Константинов, Б. В. Бабилов, Э. Ахти. – СПб. : Научный центр Вантаа: Metla, 2006. – 398 с.
42. Зайдельман, Ф. Р. Изменение свойств пирогенных образований и растительности на сгоревших осушенных торфяных почвах полесий / Ф. Р. Зайдельман, Д. И. Морозова, А. П. Шваров // Почвоведение. – 2003. – № 11. – С. 1300–1309.
43. ГОСТ 17.5.01-78. Охрана природы. Земли. Состав и размер зеленых зон городов.
44. Славнина, Т. П. Биологическая активность почв Томской области / Т. П. Славнина, Л. И. Инишева. – Томск : Изд-во ТГУ, 1987. – 216 с.
45. Инишева, Л. И. Скорость минерализации органического вещества торфов / Л. И. Инишева, Т. В. Дементьева // Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 196 – 203.
46. Атлас Алтайского края [Изоматериал]. – Москва-Барнаул, 1978. – 222 с.
47. Модина, Т. Д. Климаты Республики Алтай / Т. Д. Модина. – Новосибирск : НПУ, 1997. – 177 с.
48. Модина, Т. Д. Местные климаты долин Северного Алтая и их типизация / Т. Д. Модина // География Западной Сибири. – Барнаул, 1972. – С. 23–28.
49. Хмелев, В. А. Почвы низкогорий Северного Алтая / В. А. Хмелев. – Новосибирск : Наука, 1982. – 153 с.
50. Оценка территории Республики Алтай на торф. Отчет. Новосибирск, 2001. 358 с.

51. Инишева, Л. И. Содержание микроэлементов в торфе Западно-Сибирского региона / Л. И. Инишева, В. К. Бернатонис, Т. Н. Цыбукова // Торфяная промышленность. – 1991. – № 2. – С. 19–25.
52. Инишева, Л. И. Т.Н. Элементный состав основных видов торфов Западной Сибири / Л. И. Инишева, В. С. Архипов, Т. Н. Цыбукова // Торф и сельское хозяйство : сб. науч. тр. / РАСХН. Сиб. Отделение. СибНИИТ. – Томск, 1994. – С. 39–47
53. Архипов, В. С. Распределение соединений железа в торфяных залежах центральной части Западной Сибири / В. С. Архипов, В. Н. Бернатонис, В. И. Резчиков // Почвоведение. – 1994. – № 9. – С. 37–42.
54. Мальгин, М. А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае / М. А. Мальгин. – Новосибирск: Наука, 1978. – 271 с.
55. Ельчинова, О. А. Биогеохимические аспекты экологической оценки наземных экосистем Алтая / О. А. Ельчинова. – Барнаул : Изд-во АГАУ, 2009. – 142 с.

Библиографический указатель

1. Лисс, О. Л. Болотные системы их природоохранное значение / О. Л. Лисс [и др.]. – Тула : Гриф и К, 2001. – 584 с.
2. Инишева, Л. И. Болота Западной Сибири, их роль в биосфере / Л. И. Инишева [и др.]. – Томск, 2000. – 76с.
3. Головченко, А. В. Структура микромицетного комплекса олиготрофных торфяников южно-таежной подзоны Западной Сибири / А. В. Головченко [и др.]. // Микробиология. – 2002. – № 5. – С. 667–674.
4. Головченко, А.В., Структура и запасы микробной биомассы в олиготрофных торфяниках южно-таежной подзоны Западной Сибири / А. В. Головченко, Т. Г.Добровольская, Л. И. Инишева // Почвоведение. 2002. – № 12. – С.1468–1473.
5. Головченко, А. В. Структура и запасы микробной биомассы в олиготрофных торфяниках / А. В. Головченко, Добровольская Н. Г., Л. И. Инишева // Почвоведение. – 2002. – №12. – С. 1468–1474.
6. Головченко, А. В. Сапротрофный бактериальный комплекс верховых торфяников Западной Сибири / А. В. Головченко [и др.]. // Микробиология. – 2005. – № 4. – С. 545–551.
7. Инишева, Л. И. Модель выноса растворенных веществ с заболоченного водосбора / Л. И. Инишева, Инишев Н. Г. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – №2. С. 9–12.
8. Инишева, Л. И. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование / Л. И. Инишева [и др.]. – Томск : ЦНТИ, 2003. – 212 с.
9. Инишева, Л. И. Программа научной экскурсии. Научно-исследовательский полигон «Васюганье» / Л. И. Инишева [и др.]. – Томск : ЦНТИ, 2003. – 88 с.
- 10.Инишева, Л. И. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов / Л. И. Инишева, С. Н. Ивлева, Т. А. Щербакова – Томск : Изд-во ТГУ, 2003. – 122 с.
- 11.Афанасьев, А. Е. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России / А. Е. Афанасьев [и др.] – Томск : ЦНТИ, 2005. – 76 с.
- 12.Инишева, Л. И. Система показателей современного состояния выработанных торфяных почв Сибири и их сельскохозяйственное использование /Л. И. Инишева [и др.]. Томск : Изд-во ТГПУ, 2005. – 55с.
- 13.Инишева, Л. И. Исследования на торфяно-болотном стационаре «Васюганье» / Л. И. Инишева // Торф и бизнес. – 2006. – № 4(6). С 39–42.

- 14.Инишева, Л. И. Условия образования и эмиссия метана в олиготрофных ландшафтах Васюганского болота / Л. И. Инишева, М. А. Сергеева // Вестник ТГПУ, серия естественные и точные науки, 2006. – № 6(57). – С. 54–60.
- 15.Инишева, Л. И. Гидрохимический режим олиготрофного болота / Л. И. Инишева, Н. Г. Инишев // Вопросы географии Сибири, 2006, – № 26. – С. 106–110.
- 16.Инишева, Л. И. Характеристика микробоценоза в торфяных залежах ландшафтного профиля олиготрофного торфогенеза / Л. И. Инишева, А. Н. Головченко // Сибирский экологический журнал, 2007, – № 3. – С. – 363–373.
- 17.Инишева, Л. И. Большой практикум: физикохимия, биология и комплексная переработка. Учебное пособие / Л. И. Инишева [и др.]. // под ред. Л. И. Инишевой. – Томск : Изд-во ТГПУ, 2007. – 120 с.
- 18.Инишева, Л. И. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование /Л. И. Инишева [и др.]. – Томск : Изд-во ТГПУ, 2007. – 220 с.
- 19.Болота Западной Сибири. Книга-альбом / оставитель Л. И. Инишева. – Новосибирск : Принтинг, 2007. – 64 с.
- 20.Инишева, Л. И. Перспектива мелиорации торфяных болот в Горном Алтае / Л. И. Инишева, М. В. Шурова, Г. В. Ларина // Мелиорация и водное хозяйство, 2008. – № 1. – С. 41–45.
- 21.Инишева, Л. И. Гидрологический режим верхового болота / Л. И. Инишева, Л.И Дубровская, Н. Г. Инишев // Мелиорация и водное хозяйство, 2008. – № 1. – С. 54–57.
- 22.Савичева, О. Г. Биохимическая активность торфяных почв пойменной болотной экосистемы / О. Г. Савичева, Л. И. Инишева // Сибирский экологический журнал, 2008. – № 6. – С. 879–888.
- 23.Шурова, М. В. Химический состав вод торфяно-болотных экосистем Горного Алтая / М. В. Шурова [и др.] // Вестник Том. гос. пед.ун-та. Сер.: Естественные и точные науки, 2009. – № 3. – С. 96–102.
- 24.Инишева, Л. И. Болота Горного Алтая – охрана и рациональное использование. Книга альбом / Л. И. Инишева [и др.]. – Новосибирск : Принтинг.2009. С. 56.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Акты организации пунктов наблюдений за функционированием болот

АКТ

организации пункта наблюдений за функционированием болот в
Томском районе Томской области

С целью создания сети пунктов наблюдений для проведения исследований по функционированию болотных экосистем и выполнения государственного контракта (контракт № 02.740.11.0325 **Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области геохимии**) шифр «2009-1.1-152-067» по теме: «Биогеохимические процессы формирования углеродного баланса и образования парниковых газов в болотах Сибири», в Томском районе Томской области на торфяном месторождении Таган организовано 3 пункта наблюдений за режимами болот (Приложение 1 и 2). В пунктах наблюдений проводится изучение гидротермического, окислительно-восстановительного, биохимического, питательного, газового режимов и эмиссии парниковых газов. Периодичность измерений проводится согласно Руководству по полевым работам.

Данный акт подписали:

Проректор Томского государственного
педагогического университета
К.Е.Осетрин
Руководитель Проекта
Л.И.Инишева
«16» ноября 2009

Начальник Томского управления
лесаами
И.В.Кибиш
«30» ноября 2009

ПРИЛОЖЕНИЕ

Торфяное месторождение «Таган» Томского района (т. м. №972/967) и расположено в 0,4 км на северо-запад от с. Тахтамышево на второй надпойменной террасе р. Томи древней ложбины стока и имеет вытянутую форму с ЮЗ на СВ в сторону р. Томи (рис. 1). Самая высокая ЮЗ часть месторождения имеет высотную отметку 127,5 м. Наибольшая мощность торфяной залежи - 9,3 м. Подстилающие грунты сложены песками, реже супесями и суглинками. Минеральное дно т.м. неровное, с отдельными западинами и повышениями, общий уклон повторяет уклон местности.

Растительность в настоящее время переживает эвтрофную фазу развития, о чём свидетельствует современный растительный покров. Лишь на небольшом участке в ЮЗ части месторождения отмечена растительность верхового типа. Вся территория т. м. занята низинными и верховыми фитоценозами древесно-топяных и топяных групп.

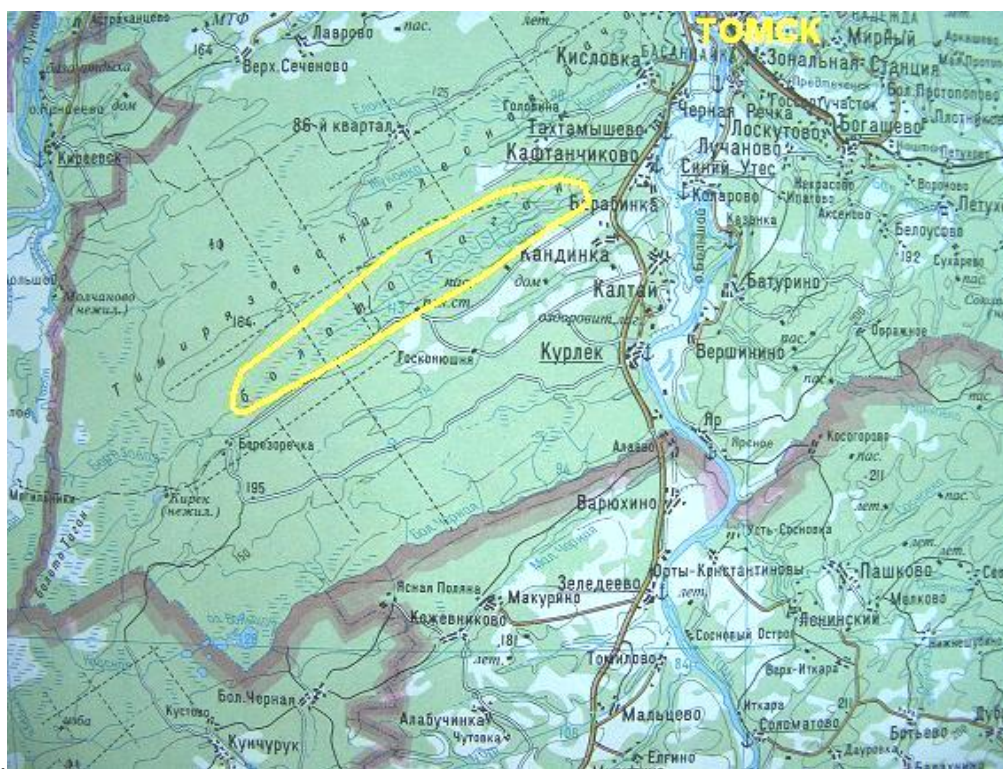


Рисунок 1 – Схема расположения торфяного месторождения Таган
На объекте заложены 3 пункта наблюдений.

Пункт 1

Координаты: 56°21' СШ, 84°47' ВД. Пункт представляет собой целинный участок. Растительность: древесный ярус - берёза, редкие угнетённые сосны; наземный покров - крапива, осока, папоротник. Торфяная залежь имеет мощность около 350 см. В основании залежи лежит заиленный песок черного цвета, выше располагается слой

древесного низинного торфа (175-200 см), затем идут древесно-травянистые низинные торфа (50-175 см), частично определённые как вахтовые (50-100 см). Верхний слой представлен травяным низинным (25-50 см) и древесным низинным (0-25 см) торфом. Сапрпель отсутствует.

Пункт 2

Координаты: 56°21' СШ, 084°48' ВД. Представляет собой участок с агролесомелиорацией. Растительность: древесный ярус – берёза, редкие угнетённые сосны; напочвенный покров: осока, крапива. Вдоль т.м. проведены борозды глубиной 0,5 м и расстоянием между бороздами 2-3-4 м. Торфяная залежь имеет мощность 3 м. В основании залежи располагается слой древесно-травяного торфа (папоротниковый вариант 275–300 см), выше слой травяного торфа (250–275 см), папоротниковый (225–250 см), древесный (200–225 см), осоковый (175–200 см), древесно-травяной (150–175 см). Верхние слои представлены травяным торфом (вахтово-осоковым (125-150 см), вахтово-папоротниковым (100–125 см), вахтовым (0–100 см)). Сапрпель отсутствует.

Пункт 3

Координаты: 56°14' СШ, 84°30' ВД. Растительность: древесный ярус – лиственница, сосна, наземный ярус представлен в основном осокой на кочках. Торфяная залежь имеет мощность до 4 м. В основании залежи лежит слой древесного торфа (300–320 см), выше – осоковый (275–300 см). Затем следуют осоковый (250–275 см), травяной (225–250 см), травяной (вахтово-осоковый и вахтово-лазиокарпа 200-225 см), травяной (вахтово-осоковый и вахтово-лазиокарпа 175-200 см), древесно-травяной (вахтово-осоковый 150–175 см), вахтовый (125–150 см), древесно-вахтовый (100–125 см). Верхний слой представлен вахтовым торфом (0–100 см). Сапрпель с 320 см до 375 см. Минеральный грунт с 375 см.

Пункты исследований обустроены для полевых исследований. На каждом пункте оборудованы колодцы для измерения УБВ и отбора болотных вод на химический анализ, заложены датчики температуры и окислительно-восстановительного потенциала, дополнительно установлены датчики «Термохрон IBDL». На отдельных площадках определяется влажность, газовый состав в профиле торфяной залежи, агрохимические свойства.

АКТ

организации пункта наблюдений за функционированием болот в
Бакчарском районе Томской области

С целью создания сети пунктов наблюдений для проведения исследований по функционированию болотных экосистем и выполнения государственного контракта (контракт № 02.740.11.0325 **Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области геохимии**) шифр «**2009-1.1-152-067**» по теме: «Биогеохимические процессы формирования углеродного баланса и образования парниковых газов в болотах Сибири», в Бакчарском районе Томской области на территории Васюганского болота недалеко от поселка Польшанка организовано 3 пункта наблюдений за режимами болот (Приложение 1). Географические координаты полигона: 56°03' и 56°57' СШ, 82°22' и 82°42' ВД. В пунктах наблюдений проводится изучение гидротермического, окислительно-восстановительного, биохимического, питательного, газового режимов и эмиссии парниковых газов. Периодичность измерений проводится согласно Руководству по полевым работам.


Проректор Томского государственного
педагогического университета
К.Е.Острин
Руководитель Проекта
И.И.Инишева
« 13 » 05 2010

Данный акт подписали:

Лесничий Бакчарского лесничества,
филиала ОГУ Томского управления
лесом

А.П.Поварницын

План-схема пунктов расположения торфяного месторождения и пунктов наблюдения

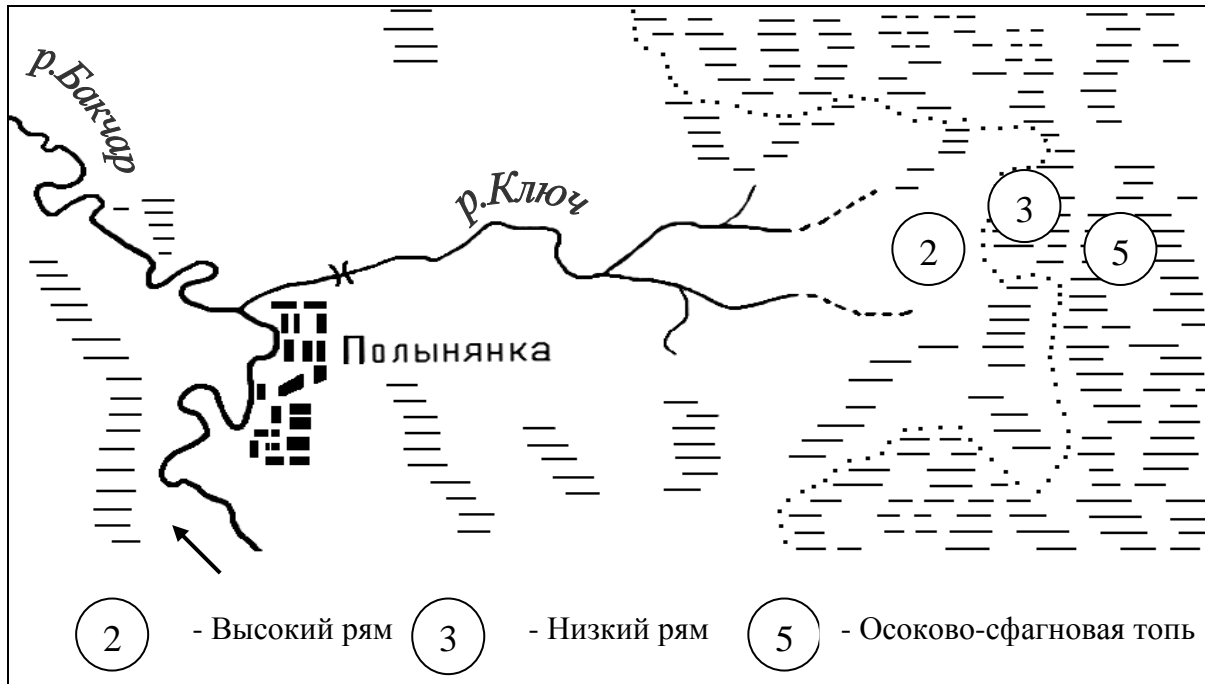


Рис. - Пункты наблюдений за динамикой биохимических процессов олиготрофных торфяных почв.

АКТ

организации пункта наблюдений за функционированием болот в Турочакском районе Республики Алтай

Болота – уникальные образования биосферы. Они занимают на земном шаре 6,413 млн. км² или 3,5 % площади суши, в России – 3,69 млн. км² или 21,6% территории страны. Каждый пятый гектар в России – торфяные болота. Болота выполняют важные средообразующие функции. Болота – единственные экосистемы, оказывающие влияние на климат биосферы. Всего в болотах мира заключено до 240 млрд. т углерода и их рациональное использование позволяет прогнозировать последствия их освоения на глобальные антропогенные изменения климата. Соотношение рационального использования всех болот – важнейшая задача современности. Масштабы заболоченности и средообразующая роль болот различны в разных природных зонах. В связи с этим исследования болот в Республике Алтай – представляют важную задачу государственного значения.

С целью создания сети пунктов наблюдений для проведения исследований по функционированию болотных экосистем и выполнения государственного контракта (контракт № 02.740.11.0325 **Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области геохимии**) шифр «2009-1.1-152-067» по теме: «Биогеохимические процессы формирования углеродного баланса и образования парниковых газов в болотах Сибири», в Турочакском районе Республики Горный Алтай организован пункт наблюдений за режимами болот на Турочакском и Кутюшском торфяных месторождениях (Приложение 1 и 2). На пункте наблюдений проводится изучение гидротермического, окислительно-восстановительного, биохимического режимов и эмиссии парниковых газов. Периодичность измерений проводится согласно Руководству по полевым работам.

Данный акт подписали:

Ректор
Томского государственного
педагогического университета


В.В.Обухов
«07» 07 2009

Глава МО
«Турочакский район»
Республики Алтай

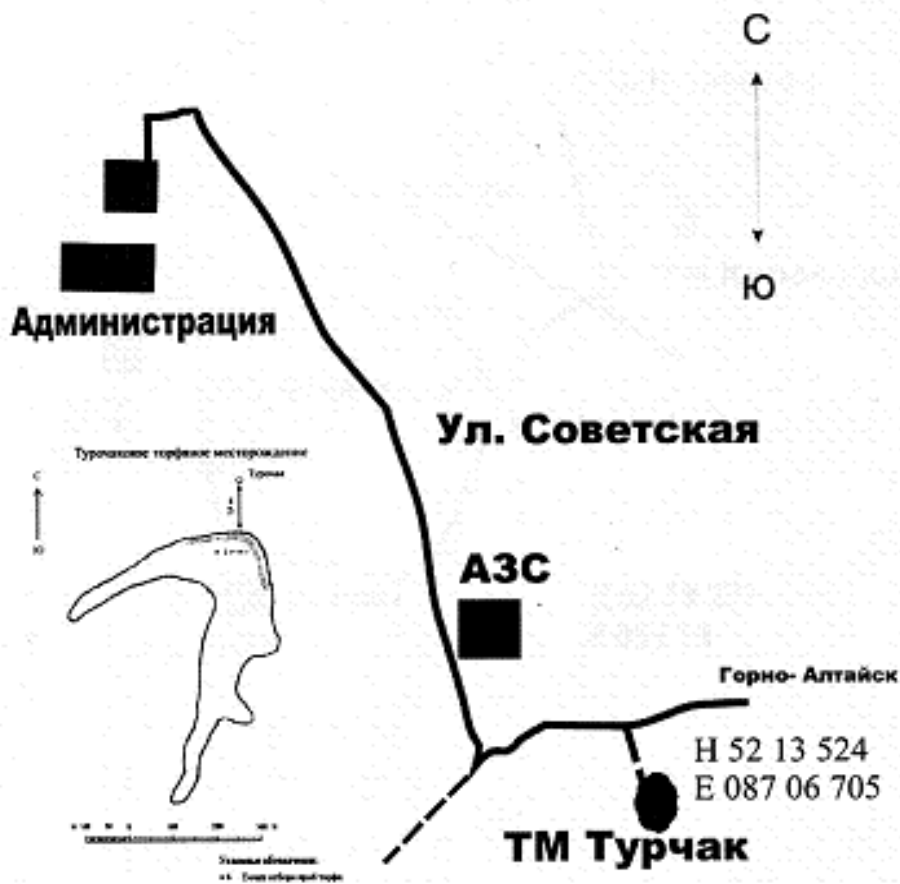

И.Я. Болтухин
«06» 06 2009

Директор
Горно-Алтайского НИИ
сельского хозяйства

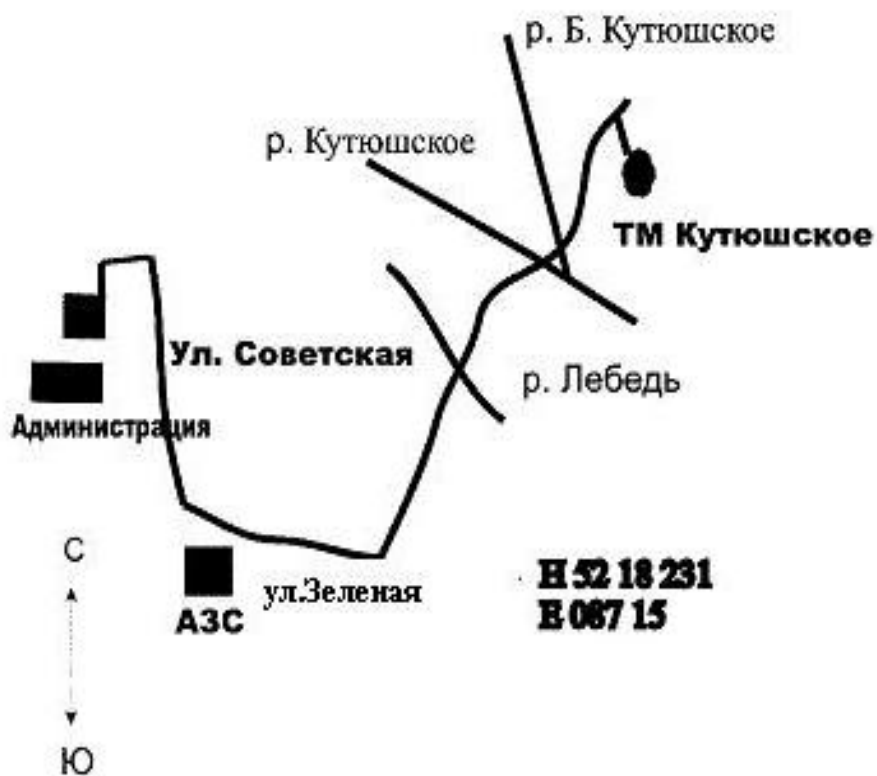

А.Т. Подкорытов
«06» 06 2009

План схема пункта расположения торфяного месторождения и пункта наблюдения пункта 1

Ветеринарная станция



**План схема пункта расположения торфяного
месторождения и пункта наблюдения пункта 2**



АКТ

организации пункта наблюдений за функционированием болот в Турочакском районе республике Алтай

С целью создания сети пунктов наблюдений для проведения исследований по функционированию болотных экосистем и выполнения государственного контракта (контракт № 02.740.11.0325 **Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области геохимии**) шифр «2009-1.1-152-067» по теме: «Биогеохимические процессы формирования углеродного баланса и образования парниковых газов в болотах Сибири», в Турочакском районе Республики Алтай организован пункт наблюдений за режимами болот месторождения Баланак (Приложение 1). В пункте наблюдений проводится изучение гидротермического, окислительно-восстановительного, биохимического, питательного, газового режимов и эмиссии парниковых газов. Периодичность измерений проводится согласно Руководству по полевым работам.

Данный акт подписали:



Проректор
Томского государственного
педагогического
университета

Л.И.Инишева

Руководитель Проекта

Л.И.Инишева

« 5 » 05 2010г.



Глава МО
«Турочакский район»
Республики Алтай

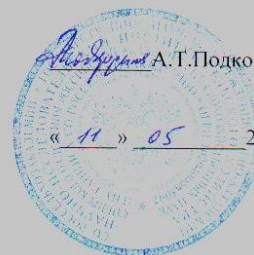
Н.Я.Болтухин

« 6 » 05 2010г.

Директор
Горно-Алтайского НИИ
Сельского хозяйства

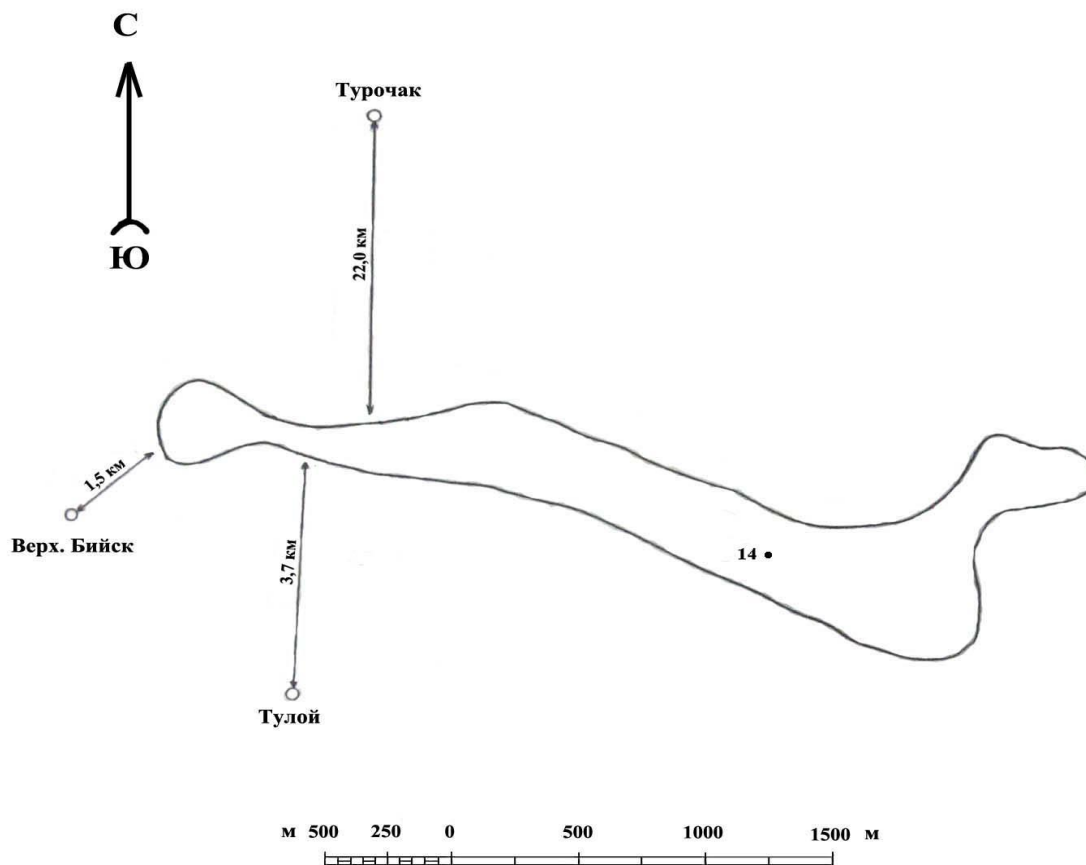
А.Т.Подкорытов

« 11 » 05 2010г.



Приложение

План-схема пункта расположения торфяного месторождения Баланак и пункта наблюдения



14* - точка отбора проб торфа

План торфяного месторождения Баланак

Лидия Ивановна Инишева, Вячеслав Юрьевич Виноградов, Ольга Александровна Голубина, Галина Васильевна Ларина, Екатерина Владимировна Порохина, Наталья Анатольевна Шинкеева, Майя Владимировна Шурова