



## Изменение элементного состава и содержания низкомолекулярных органических соединений в ходе экспериментальной деструкции торфа в южно-таёжных болотах Западной Сибири

© 2025 Н. Г. Корнатовая

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [kornatova@issa-siberia.ru](mailto:kornatova@issa-siberia.ru)

**Цель исследования.** Выявление особенностей динамики элементного состава и низкомолекулярных органических соединений при экспериментальной деструкции разных видов торфа на примере трёх сообществ Бакчарского болота (Западная Сибирь).

**Место и время проведения.** Полевой эксперимент проведён в трёх сообществах Бакчарского болота (56°51' с.ш., 82°50' в.д.): сосново-кустарничково-сфагновом рьяме, кустарничково-пушицево-сфагновой окрайке топи и осоково-сфагновом сообществе в её центре. После подготовки образцы торфа были заложены на глубину 5–10 и 25–30 см, а через 4 и 16 месяцев отобраны для дальнейшего исследования.

**Методы.** Содержание углерода, водорода и азота определили на CNHS/O-анализаторе Perkin Elmer 2400 Series II (США); фосфора – колориметрически; обменных калия, натрия, кальция, магния и железа – методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Анализ экстрактивных низкомолекулярных органических соединений провели методом газовой хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Clarus 500 MS фирмы Perkin Elmer (США) с квадрупольным детектором.

**Основные результаты.** В ходе экспериментальной деструкции в полевых условиях во всех образцах снизилось содержание углерода, а изменения содержания азота и отношения Н/С и С/Н были разнонаправлены по сообществам и глубине инкубации. Отношение С/Н не оказалось определяющим для интенсивности разложения торфа в болоте. Содержание фосфора, калия и натрия снижалось в большинстве случаев. Содержание магния и железа при разложении торфа выросло в топях сообществ, а кальция – при разложении в краевой части топи. Аэробный слой рьяма отличался от остальных локаций тем, что здесь за время инкубации в образцах увеличилось содержание всех элементов. Содержание низкомолекулярных органических соединений после разложения возросло в аэробной зоне рьяма и снизилось в топи. Содержание отдельных групп органических соединений менялось при этом по-разному – от небольшого изменения до четырёхкратного.

**Заключение.** Для каждого сообщества Бакчарского болота на основе динамики элементного состава и содержания низкомолекулярных органических соединений установлен специфический ход разложения торфа. В аэробной зоне рьяма разложение торфа привело к увеличению содержания всех элементов и органических соединений на фоне наибольшей потери массы. В кустарничково-пушицево-сфагновой окрайке топи в ходе разложения торфа содержание элементов как снижалось, так и росло, а органических соединений – уменьшилось. В осоково-сфагновом центре топи из образца торфа произошло выщелачивание элементов. Наиболее вероятно такая динамика связана с развитием разных сообществ агентов разложения органического вещества: микромицетов в аэробной зоне торфяных почв рьяма и бактерий в почве краевой части топи. В нижележащем слое почв рьяма и обводнённой топи разложение замедлено в связи с анаэробными условиями.

**Ключевые слова:** торфяные почвы; углерод; водород; азот; зольные элементы; экстрактивные вещества.

**Цитирование:** Корнатовая Н.Г. Изменение элементного состава и содержания низкомолекулярных органических соединений в ходе экспериментальной деструкции торфа в южно-таёжных болотах Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2025. Том 8. № 1. е308. DOI: [10.31251/pos.v8i1.308](https://doi.org/10.31251/pos.v8i1.308)

### ВВЕДЕНИЕ

Биосферная роль западносибирских болот в круговороте углерода и воды, поддержании постоянства регионального и глобального климата является общепризнанной. В рамках изучения круговорота углерода и других элементов на болотах активно изучаются процессы продуцирования и разрушения органического вещества, изменение содержания элементов и их бюджет. Показано, что скорость снижения массы при экспериментальной деструкции зависит от видовой принадлежности растений (Вишнякова и др., 2012; Миронычева-Токарева и др., 2013), абиотических условий (Никонова и др., 2019а, 2019б), степени нарушенности болотных экосистем (Никонова и др., 2024). В сравнении с исследованиями растений и их опада, деструкция торфа изучена слабее. Для Канады установлены ежегодные потери массы торфа при его минерализации в объёме 2,4–5,6% (Louis et al., 2003). Потери верхового торфа за два вегетационных сезона в болотах Западной Сибири составили от

10 до 45% от исходной массы в зависимости от его типа, сообщества и глубины инкубации (Коронатова, 2010; Коронатова, Шибарева, 2010).

Потери массы при разрушении растительных тканей сопровождаются изменением содержания химических элементов. Причины и механизмы варьирования этих компонентов во время деструкции остаются не до конца понятыми. В экспериментальных исследованиях для разных видов и местообитаний авторами публикаций фиксируется противоположная направленность и не всегда линейный характер динамики углерода, азота и зольных элементов (Козловская и др., 1978; Волкова и др., 2020; Головацкая и др., 2023; и др.). Относительная стабильность при деструкции растительного материала и торфа наблюдается в изменении величины отношения углерода к азоту (C/N), которая возрастает на первых этапах эксперимента в разнообразных наземных экосистемах (Козловская и др., 1978; Maisto et al., 2011; Вишнякова и др., 2017; Волкова и др., 2020; Головацкая и др., 2023; и др.). Тем не менее, в ходе эксперимента по разложению торфа в Австралии исследователи обнаружили снижение отношения C/N для разных его видов (Grover, Baldock, 2010). Такое отсутствие общей направленности преобразования элементного состава распадающихся растительных тканей указывает на вариативность и сложность биохимических процессов разложения в связи с многообразием субстратов, условий и деструкторов.

Состав и динамика органических соединений разлагающихся растительных остатков остаётся слабо изученной областью. Показано, что при разложении торфа меняется соотношение углеводов к кислородсодержащим соединениям, а также содержание ароматических веществ в торфе (Grover, Baldock, 2010; 2012). При деструкции разных типов торфа наблюдается как снижение, так и рост суммарного содержания групп органических соединений и увеличение содержания некоторых индивидуальных соединений (Серебренникова и др., 2015; Коронатова, 2018).

Целью данной работы – выявление особенностей динамики элементного состава и низкомолекулярных органических веществ при экспериментальной деструкции разных видов торфа на примере трёх сообществ Бакчарского болота (Западная Сибирь).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования выбраны три вида верхового торфа из комплексного Бакчарского болота. Болото расположено в подзоне южной тайги Западной Сибири в пределах Томской области (56°51' с.ш., 82°50' в.д.). Образцы были отобраны с глубины 40–60 см в разных болотных экосистемах: фускум-торф в сосново-кустарничково-сфагновом сообществе (ряме), два сфагновых мочажинных – в краевой (КТ) и центральной (ЦТ) части топи (рис. 1). В течение эксперимента болотные воды не поднимались выше глубины 20 см в ряме, а в топяных сообществах стояли близко к поверхности на второй год эксперимента. Фускум-торф сложен остатками *Sphagnum fuscum* с незначительным содержанием мелких живых корней кустарничков (1%). Степень разложения торфа составила около 5%. По краю топи, по соседству с рямом, в кустарничково-пушицево-сфагновом фитоценозе торф сложен мочажинными мхами. Присутствующая сухая масса живых корней *Eriophorum vaginatum* не превысила 5%. Степень разложения данного торфа около 10%. В центральной части топи фитоценоз представлен осоково-сфагновым сообществом с *Carex rostrata* и *S. fallax*. В этом сообществе сфагновый мочажинный торф сформирован остатками мхов с массовой долей осок, не превышающей 16%, и близким (до 12%) присутствием мелких живых корней. Степень разложения данного торфа около 20%.

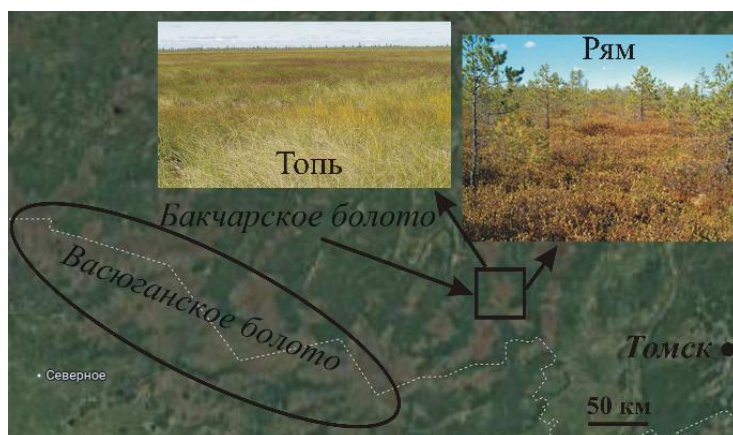


Рисунок 1. Схема расположения и общий вид болот.

В местах отбора образцов торфа для инкубации определили физико-химические показатели болотных вод. Актуальная кислотность (рН) составила 3,8 в ряме, 4,0 – в КТ и 4,7 – в ЦТ (рН-метр/ионметр Мультитест ИПЛ-103, электрод ЭСК-10601/7). Проводимость оценили в 55, 47 и 28 мкСм/см в этих же сообществах, соответственно (Кондуктометр КЛ-С-1). Буферность определили титрованием проб объемом по 10 мл до конечной точки рН=7 раствором 0,01 М NaOH, которая составила 1,4 мл в ряме и 0,7 мл в КТ и ЦТ (рН-метр/ионметр Мультитест ИПЛ-103).

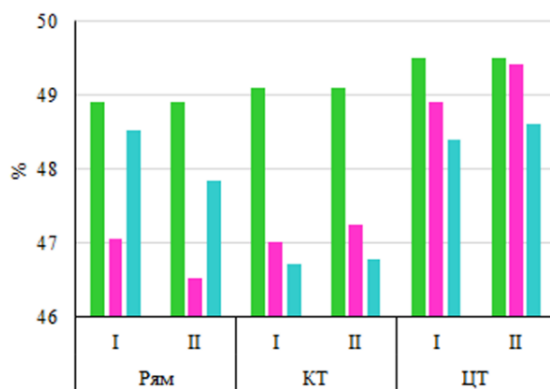
При подготовке и закладке образцов торфа для эксперимента извлекали крупные объекты (корневища и узлы кущения трав, стволы и корни кустарничков), а живые мелкие корни оставляли. Торф был высушен при температуре 60°C и использован в эксперименте по разложению в полевых условиях. Для этого в 2006 году образцы поместили в торфяную залежь тех же экосистем, где они были отобраны. Нейлоновые мешочки (размер ячеек 0,3 мм) с торфом расположили выше и ниже уровня болотных вод: на глубину 5–10 см («верхний слой») и 25–30 см («нижний слой»). Образцы отбирали несколько раз в течение ряда лет в 5–6-кратной повторяемости для каждого сообщества и глубины. В этой работе представлены результаты, полученные через 4 и 16 месяцев инкубации – в конце первого и второго вегетационного сезона после начала инкубации. Описание эксперимента опубликовано (Коронатова, 2010). После высушивания провели определение потери массы образцов и их химического состава.

Перед проведением анализов на валовое содержание различных элементов, а также органических соединений, отобранные в повторяемости образцы торфа соединили в единый смешанный средний образец для каждого сообщества, глубины и времени инкубации. Содержание углерода, водорода и азота определили на CNHS/O-анализаторе Perkin Elmer 2400 Series II (США); фосфора – на колориметре по фосфорномолибденовой сини (Аринюшкина, 1970); калия, натрия, кальция, магния и железа – на атомно-абсорбционном спектрометре Квант 2МТ (Россия). Анализ экстрактивных низкомолекулярных органических соединений провели методом газовой хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Clarus 500 MS фирмы Perkin Elmer (США) с квадрупольным детектором. Пробоподготовка и технические детали данного анализа опубликованы ранее (Коржов, Коронатова, 2013).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведённый эксперимент выявил различия между торфами в снижении массы и изменении содержания химических элементов и органических соединений. За 4 месяца деструкции потери массы торфа в верхнем (5–10 см) и нижнем (25–30 см) слоях залежи составили, соответственно, 34 и 5% в ряме, 13 и 9% в КТ, 17 и 18% в ЦТ. Через 16 месяцев инкубации соответствующие потери массы увеличились до 37 и 7% в ряме, а в топяных сообществах снизились до 6% на обеих глубинах в КТ и до 10 и 12% в ЦТ. Снижение массы в верхнем слое ряма сопровождалось морфологическими изменениями образца: появлением тёмных мажущих пятен на поверхности, в которых сложно было различить части растений. Детали потери массы торфа в эксперименте обсуждались ранее (Коронатова, 2010).

Исходное содержание углерода (С) в торфе было 48,9% в ряме, 49,1% в КТ и 49,5% в ЦТ. После инкубации в течение четырёх месяцев оно снизилось на 2% в ряме и КТ, и не более, чем на 0,6% – в ЦТ (рис. 2). В дальнейшем содержание С продолжило снижаться в сообществах топи, а в ряме увеличилось, но не достигло исходных значений.



**Рисунок 2.** Содержание углерода в образцах торфа на глубине: I – 5–10 см, II – 25–30 см. Обозначения для торфа: ■ – исходный, ■ – после инкубации 4 месяца, ■ – после инкубации 16 месяцев. КТ и ЦТ – край и центр топи (здесь и далее на рис. 3–4).

Содержание водорода (Н) составило 6,6, 6,8 и 6,5% в ряме, КТ и ЦТ, соответственно. Изменение содержания Н было сходным в первых двух сообществах; через 4 месяца инкубации произошло снижение его содержания, наиболее значительное в поверхностном слое, до 6,2–6,4% в ряме и до 6,2–6,6% в КТ. Через 16 месяцев содержание Н повысилось до 6,4% в поверхностном слое ряма и до 6,7% в нижележащем, а также на обеих глубинах в КТ. В отличие от этих сообществ, содержание Н в торфе ЦТ изменилось незначительно за всё время инкубации на обеих глубинах.

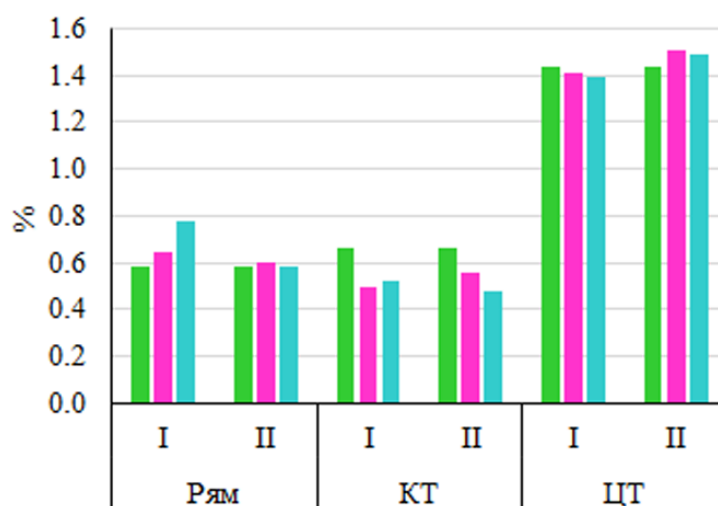
Молярное отношение Н/С позволяет оценить степень ненасыщенности связей в органических соединениях. В исходных образцах торфа это отношение слабо варьировало от 1,58 до 1,66 и в ходе деструкции менялось мало (табл. 1). К концу эксперимента отношение Н/С незначительно снизилось в верхнем слое ряма, что можно связать с уменьшением доли алкильных радикалов, которые в первую очередь подвержены деструкции. В нижнем слое ряма и на двух глубинах в КТ отношение Н/С увеличилось, а в ЦТ изменения были незначительными.

Таблица 1

Молярное отношение Н/С в образцах торфа

| Объект     | Глубина инкубации, см | Исходный торф | Торф после деструкции в течение времени |            |
|------------|-----------------------|---------------|-----------------------------------------|------------|
|            |                       |               | 4 месяца                                | 16 месяцев |
| Рям        | 5–10                  | 1,62          | 1,59                                    | 1,59       |
|            | 25–30                 |               | 1,66                                    | 1,68       |
| Край топи  | 5–10                  | 1,66          | 1,58                                    | 1,73       |
|            | 25–30                 |               | 1,68                                    | 1,73       |
| Центр топи | 5–10                  | 1,58          | 1,57                                    | 1,59       |
|            | 25–30                 |               | 1,58                                    | 1,61       |

Содержание азота (N) в торфе было максимально в ЦТ, двукратно превышая остальные сообщества (рис. 3). В ходе деструкции содержание N выросло в верхнем слое ряма, что можно объяснить поселением и развитием сообщества микроскопических грибов, и незначительно увеличилось в нижнем слое ЦТ. Напротив, на обеих глубинах КТ содержание N снизилось в связи с потреблением растениями высвобождающегося азота. В нижнем слое ряма и верхнем слое ЦТ изменения были незначительными.



**Рисунок 3.** Содержание азота в образцах торфа на глубине: I – 5–10 см, II – 25–30 см. Обозначения для торфа: ■ – исходный, ■ – после инкубации 4 месяца, ■ – после инкубации 16 месяцев.

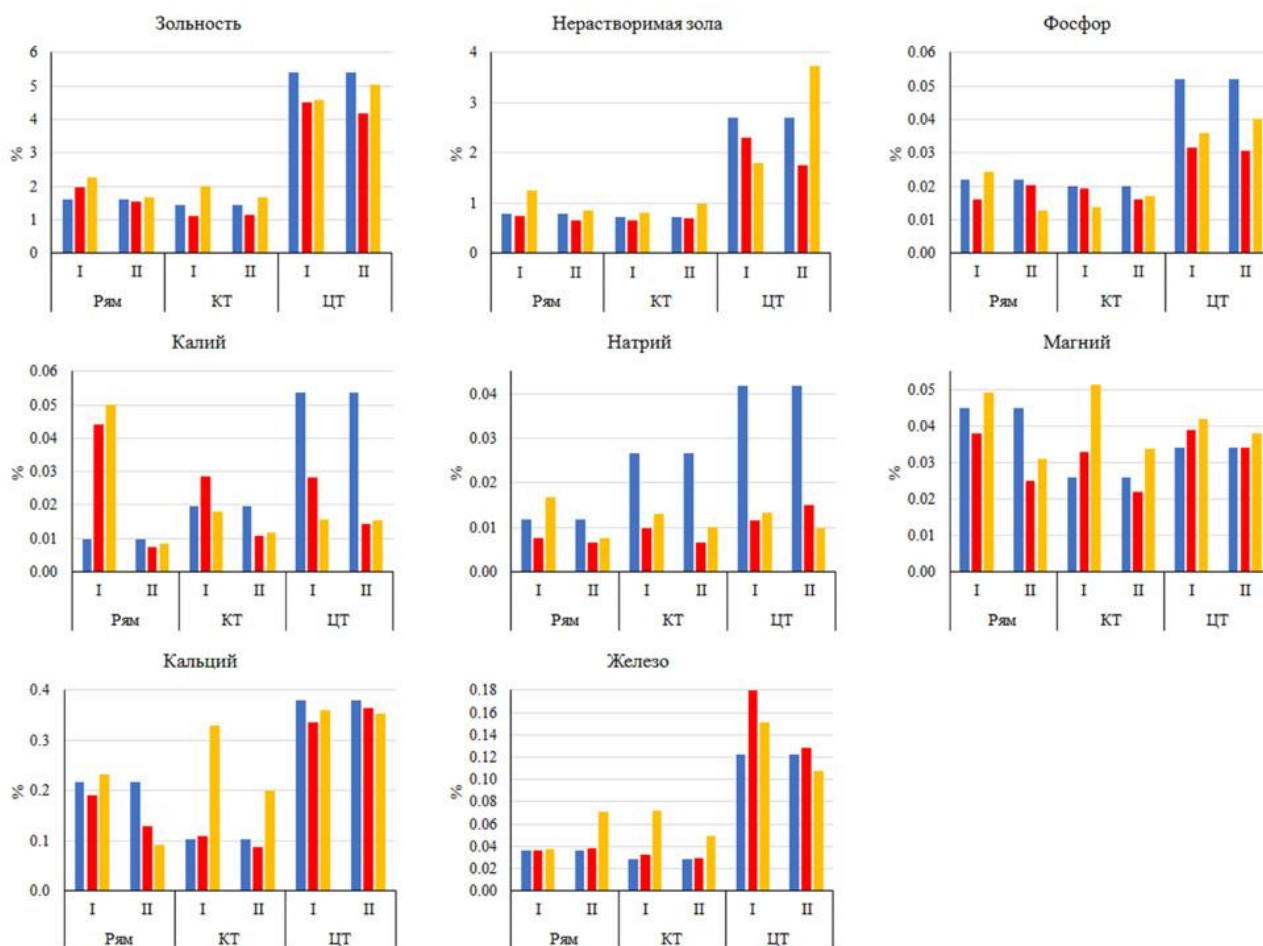
Отношение С/Н обычно рассматривается как показатель доступности органического материала для деструкторов: чем оно выше, тем менее доступными для них являются растительные ткани. В исходных торфах С/Н уменьшалось от ряма к центру топи, что обусловлено вкладом сосудистых растений в сложение торфа (табл. 2). В ходе деструкции С/Н снизилось как в верхнем слое ряма, так и его нижнем слое, хотя и в меньшей степени. В КТ отмечена обратная тенденция – увеличение С/Н в ходе деструкции. Изменения отношения С/Н в ЦТ практически отсутствовали на обеих глубинах.

Таблица 2

## Молярное отношение C/N в образцах торфа

| Объект     | Глубина инкубации, см | Исходный торф | Торф после деструкции в течение времени |            |
|------------|-----------------------|---------------|-----------------------------------------|------------|
|            |                       |               | 4 месяца                                | 16 месяцев |
| Рям        | 5–10                  | 98            | 86                                      | 73         |
|            | 25–30                 |               | 91                                      | 95         |
| Край топи  | 5–10                  | 87            | 112                                     | 104        |
|            | 25–30                 |               | 99                                      | 113        |
| Центр топи | 5–10                  | 40            | 40                                      | 41         |
|            | 25–30                 |               | 38                                      | 38         |

Исходное содержание золы и макроэлементов в торфе было максимальным в ЦТ, за исключением магния (Mg), которого больше всего было в фускум-торфе ряма (рис. 4). В ходе деструкции в верхнем слое ряма резко выросло содержание калия (K), а также постепенно увеличилось содержание золы, включая нерастворимый остаток. Содержание остальных элементов снизилось через 4 месяца эксперимента, а через 16 месяцев увеличилось до значений, превышающих исходные, что можно объяснить развитием сообщества деструкторов. Исключением стало железо (Fe), содержание которого не изменилось. В нижнем слое ряма содержание P, Na, Mg и Ca снизилось, Fe – возросло, а K – изменилось мало.



**Рисунок 4.** Содержание золы и макроэлементов в образцах торфов разных сообществ на глубине: I – 5–10 см, II – 25–30 см. Обозначения для торфа: ■ – исходный, ■ – после инкубации 4 месяца, ■ – после инкубации 16 месяцев.

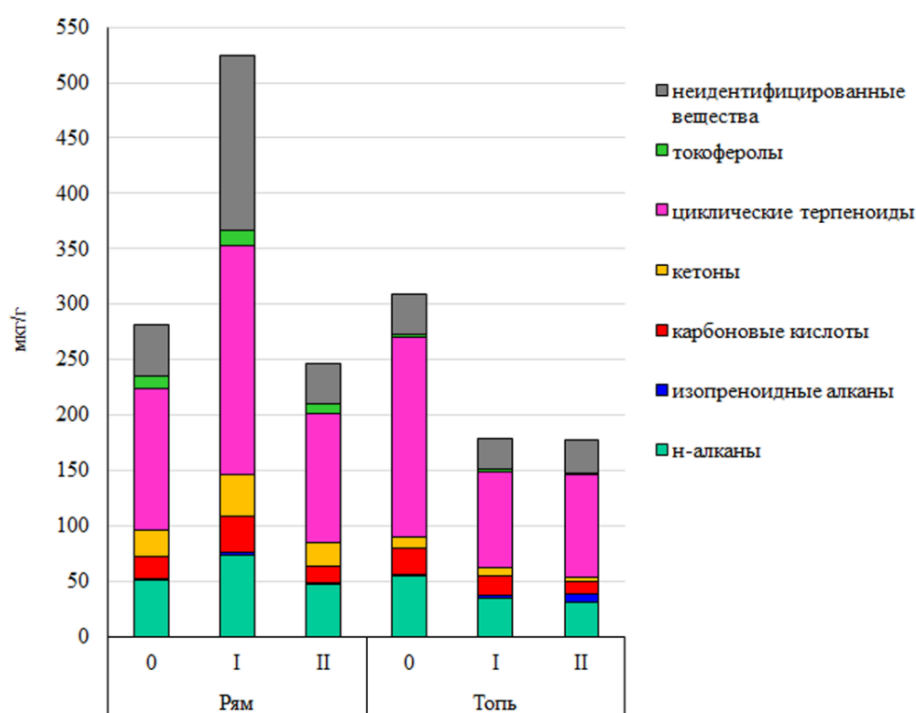
В сообществе КТ изменения были сходными для двух глубин и выразились в снижении содержания P и Na и увеличении к концу периода наблюдений содержания Mg, Ca и Fe на фоне небольшого повышения зольности. В этом сообществе поведение K отличалось на двух глубинах:

наблюдалось его увеличение на первом этапе деструкции в верхнем слое и снижение – в нижнем слое торфяной почвы.

В ЦТ варьирование содержания элементов также было сходным на двух глубинах. Здесь произошли потери содержания Р и большинства зольных элементов, а содержание Mg и Fe возросло. В нижележащем слое через 16 месяцев инкубации наблюдалось увеличение зольности и особенно нерастворимой золы (кремния), что можно связать с прорастанием живых корней осок в образцы. В отличие от нижележащего слоя, в поверхностном слое росли мхи, а корни трав отсутствовали.

Содержание низкомолекулярных органических веществ определялось в торфе рьяма и краевой части топи, как в исходном, так и после деструкции в течение 16 месяцев. В составе торфов были обнаружены алканы нормального строения, алканы изопреноидного строения, жирные кислоты, кетоны, биарены, триарены, токоферолы, изопреноиды циклического строения, а также неидентифицированные вещества. Состав каждой группы был рассмотрен ранее (Коронатова, 2018). Общее их содержание составило в исходных торфах 280 и 310 мкг/г абсолютно сухого вещества в фускум-торфе и мочажинном, соответственно.

В торфе рьяма после деструкции содержание органических веществ увеличилось в верхнем слое почти в два раза – до 525 мкг/г, а в нижнем снизилось до 246 мкг/г (рис. 5). Увеличение произошло в первую очередь благодаря росту содержания неидентифицированных веществ (в 3,4 раза), что говорит о качественной трансформации состава низкомолекулярных веществ; косвенно это указывает на появление новых источников органических соединений – сообщества деструкторов и требует дальнейшего изучения. Содержание карбоновых кислот выросло в 1,7 раза, кетонов и циклических терпеноидов – в 1,6 раза, алканов, включая изопреноидные – в 1,5 раза, менее всего увеличилось содержание токоферолов – в 1,2 раза. В нижнем слое в наибольшей степени (в 1,3–1,4 раза) снизилось содержание изопреноидных алканов, карбоновых кислот и неидентифицированных веществ. Остальные группы уменьшились в 1,1 раза.



**Рисунок 5.** Содержание органических соединений в торфе рьяма и края топи. Обозначения для торфа: 0 – исходный; I и II – после инкубации в течение 16 месяцев на глубине 5–10 и 25–30 см.

В топи после деструкции произошло снижение содержания органических веществ на обеих глубинах в 1,7 раза до одинаковой величины 177–178 мкг/г. При этом изменение содержания отдельных групп органических соединений различалось. В верхнем слое в наибольшей степени уменьшилось содержание циклических терпеноидов – в 2,1 раза. В нижнем слое их снижение было близким – в 2,0 раза, но ещё большее падение произошло в группе карбоновых кислот, кетонов и токоферолов – в 2,2–2,3 раза. Эти же группы в поверхностном слое снизились в 1,3–1,4 раза, а токоферолы – в 1,9 раз. Соответствующее снижение алканов в верхнем и нижнем слое было в 1,5 и

1,2 раза, неидентифицированных веществ – в 1,3 и 1,2 раза. В отличие от перечисленных групп, содержание изопреноидных алканов увеличилось после деструкции, причём в верхнем слое незначительно, а в нижнем – в 4,4 раза.

### ОБСУЖДЕНИЕ

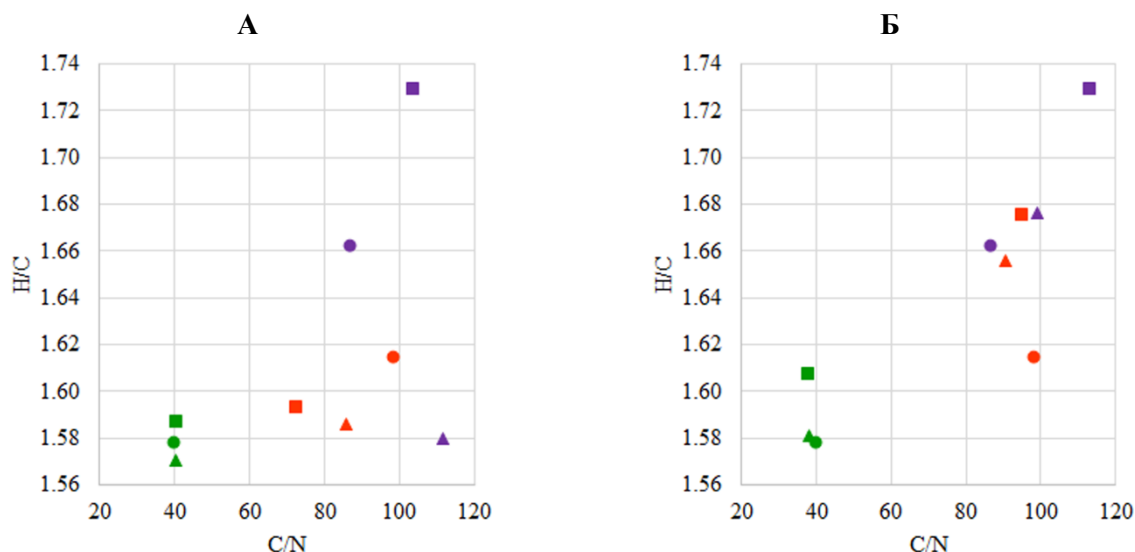
Результаты, представленные в работе, позволяют получить представление об изменении содержания макроэлементов и групп низкомолекулярных органических веществ при экспериментальной деструкции разных видов торфа в почвах болот. Исходные торфа отличались ботаническим составом, содержанием азота и зольных элементов, а содержание углерода и низкомолекулярных органических веществ было сходным с небольшим превышением в торфе краевого сообщества топи. Произошедшие изменения разнились между сообществами и глубинами. В ряме верхний слой торфяной почвы всегда оставался в аэробных и тёплых условиях, а нижний – в анаэробных и наиболее холодных условиях (Коронатова, 2019). В двух топяных сообществах аэробные и анаэробные условия чередовались в верхнем слое в связи с колебанием уровня болотных вод, которые наиболее высоко стояли в центре топи. В нижнем слое этих сообществ условия могли быть частично аэробны в связи с прорастанием корней трав, включающих азренхиму.

Поскольку исходные сфагновые торфа наследуют химический состав мхов-торфообразователей, сравнение полученных результатов приведено в сравнении с соответствующими видами мхов, информация о составе которых в литературе встречается чаще. Согласно публикациям, содержание С в ходе экспериментов по деструкции сфагновых мхов в болотах изменяется в сторону увеличения (Волкова и др., 2020; Головацкая и др., 2023), после чего следует его снижение (Козловская и др., 1978). Увеличение содержания С наблюдается при деструкции слабо- и среднеразложённого торфа, но снижение – у сильноразложённого торфа (Grover, Baldock, 2010). В нашем исследовании торфов слабой степени разложения С снизился во всех случаях, причём в наибольшей степени – в краевой части топи, а в ряме на обеих глубинах динамика была осложнена увеличением его содержания после первоначального падения.

По опубликованным данным, содержание N изменяется с ещё большей степенью несогласованности между разными видами растений и фракциями в одном эксперименте (Козловская и др., 1978; Волкова и др., 2020). Это наблюдалось и в нашем случае, когда произошло увеличение содержания N (верхний слой ряма и нижний слой ЦТ), снижение (обе глубины в КТ) и минимальные изменения (нижний слой ряма и верхний слой ЦТ). Такое отсутствие единства в динамике С и N связано, вероятно, с разнообразием химических соединений разлагаемого материала и составом сообщества деструкторов. Например, разнонаправленное изменение N при распаде корней трав и деревьев связано с разным типом микоризы, которая отличается химическим составом тканей (Бетехтина и др., 2020). В нашем случае несогласованность динамики С и N обусловлена скорее различиями в сообществе деструкторов, обитающих в ряме и топи, а также на разных глубинах торфяных почв. Так, для Васюганского болота было показано, что плотность бактериальных популяций высока, нарастает и меняется по составу с глубиной и различается между повышенными и пониженными экосистемами (Головченко и др., 2005), причем в экосистемах повышенных элементов рельефа преобладают микроскопические грибы (Добровольская и др., 2012). Наблюдаемое у нас увеличение содержания N в поверхностном слое ряма может быть связано с развитием сообщества микромицетов, у которых в состав клеточной стенки входит хитин, содержащий много трудноразлагаемого азота (Swift et al., 1979). Снижение содержания N при разложении в КТ указывает на развитие бактериального сообщества, наличие которого в топяных сообществах было показано Т.Г. Добровольской с соавторами (2012).

В исходных торфах отношение C/N снижалось в торфе от ряма к краевой части топи и далее к центральной её части, что должно означать лучшую доступность мочажинного торфа в центре топи для деструкторов. Однако в данном эксперименте мы получили наименьшие потери массы именно в ЦТ, а наибольшие – в ряме с самым высоким отношением C/N. Небольшие изменения массы в ЦТ сопровождались минимальными изменениями содержания С и N, а отношения C/N и C/H после эксперимента были неотличимы от исходных. Причина может заключаться в высокой обводненности сообщества и возникновении анаэробных условий уже с поверхности, что привело к замедлению биодеструкции и преобладанию выщелачивания. Это предположение подтверждается снижением содержания ряда элементов в ЦТ. В торфе ряма и краевой части топи установлены разнонаправленные изменения отношения C/N в ходе разложения, что показано также для других объектов (Вишнякова и др., 2017; Волкова и др., 2020) и может быть следствием разного набора деструкторов в этих экосистемах.

Соотношения показателей C/N и H/C между собой демонстрируют обособленность и наименьший разброс для ЦТ, в то время, как для ряма и КТ они перекрываются в правой части поля (рис. 6). В целом, в ходе деструкции наблюдалась тенденция увеличения H/C при росте C/N, особенно для нижнего слоя торфа, в ряду сообществ ЦТ – ряма – КТ.



**Рисунок 6.** Соотношение показателей C/N и H/C в торфе разных сообществ на глубине: А – 5–10 см, Б – 25–30 см. Обозначения: ■ – ряма, ■ – КТ, ■ – ЦТ, ○ – исходный торф, △ – после инкубации 4 месяца, □ – после инкубации 16 месяцев.

Для удобства сравнения изменений в содержании зольных элементов в разных торфах была рассчитана доля их потери или накопления от исходного содержания (табл. 3). Содержание Р и Na снижалось во всех сообществах и глубинах, кроме аэробной зоны ряма, где увеличилось спустя 16 месяцев деструкции. Схожая динамика получена для К с тем отличием, что увеличение его содержания в ряме началось уже спустя 4 месяца эксперимента и стало многократным, а также отмечено в поверхностном слое КТ на начальном этапе деструкции. Известно, что К содержится в живых организмах и быстро вымывается из отмерших. Поэтому стремительный подъем его содержания может указывать на активное развитие сообщества микроорганизмов.

**Таблица 3**

Изменение содержания азота и зольных элементов относительно исходного содержания в торфе, %

| Элемент | Экосистема, глубина (см) и длительность инкубации (мес.) |      |       |     |           |      |       |     |            |     |       |     |
|---------|----------------------------------------------------------|------|-------|-----|-----------|------|-------|-----|------------|-----|-------|-----|
|         | Ряма                                                     |      |       |     | Край топи |      |       |     | Центр топи |     |       |     |
|         | 5–10                                                     |      | 25–30 |     | 5–10      |      | 25–30 |     | 5–10       |     | 25–30 |     |
|         | 4                                                        | 16   | 4     | 16  | 4         | 16   | 4     | 16  | 4          | 16  | 4     | 16  |
| N       | +10                                                      | +34  | +3    | +1  | –25       | –21  | –16   | –27 | –2         | –3  | +5    | +3  |
| P       | –27                                                      | +10  | –8    | –42 | –4        | –30  | –20   | –14 | –39        | –31 | –41   | –23 |
| K       | +360                                                     | +420 | –23   | –12 | +46       | –9   | –46   | –41 | –47        | –71 | –73   | –71 |
| Na      | –35                                                      | +42  | –44   | –35 | –63       | –51  | –75   | –62 | –72        | –68 | –64   | –77 |
| Ca      | –13                                                      | +6   | –40   | –57 | +6        | +221 | –15   | +95 | –11        | –5  | –7    | –7  |
| Mg      | –16                                                      | +10  | –44   | –31 | +27       | +97  | –15   | +30 | +15        | +24 | 0     | +12 |
| Fe      | +1                                                       | +2   | +6    | +95 | +13       | +153 | +3    | +74 | +46        | +23 | +5    | –13 |
| A*      | +24                                                      | +43  | –3    | +5  | –23       | +38  | –22   | +15 | –16        | –15 | –23   | –7  |
| IA**    | –7                                                       | +56  | –17   | +7  | –10       | +11  | –3    | +36 | –14        | –34 | –35   | +39 |

Примечание.

Со знаком «+» показано увеличение содержания, со знаком «–» – снижение содержания. A\* – зольность, IA\*\* – нерастворимая зола.

Содержание Ca и Mg мало изменилось в поверхностном слое ряма и снизилось в нижележащем. В КТ их содержание выросло на обеих глубинах, причём в нижнем слое увеличению предшествовало снижение. В ЦТ содержание менялась незначительно с тенденцией к понижению для Ca и повышения – для Mg, особенно в поверхностном слое. Содержание Fe понизилось в

единственном случае – в глубоком слое ЦТ к концу эксперимента, а в остальных случаях росло (КТ, верхний слой ЦТ и нижний слой ряма) или почти не менялось (рям). В целом для этих элементов характерно разное поведение в экосистемах ряма и топи с преобладанием выщелачивания в ряме, накопления в КТ и слабого изменения в ЦТ (кроме Mg и Fe в верхнем слое). По-видимому, наблюдаемые изменения связаны именно с исходными свойствами торфа и процессом разложения, а не внешними факторами, в первую очередь, болотными водами. Так, в сходных с нашими сообществах шейхцериево-осоково-сфагнуовой топи и сосново-кустарничково-сфагнуовой ряма этого же Бакчарского болота установлен близкий состав ионов Ca, Mg, K, Na и Fe в болотных водах, в целом их слабая миграция и незначительная латеральная дифференциация, кроме Mg, который выносится (Иванова и др., 2017).

Содержание золы отражает суммарную динамику всех зольных элементов, оно выросло в аэробной зоне ряма, а также на обеих глубинах в КТ, где росту предшествовало падение. В анаэробной зоне ряма изменения почти отсутствовали, а в ЦТ содержание золы снизилось. В содержании нерастворимой золы, в состав которой входит в основном кремний, наблюдалась одинаковая динамика во всех сообществах и глубинах: снижение содержания через 4 месяца деструкции и повышение через 16. Исключением стал поверхностный слой в ЦТ, где наблюдалось только снижение. Вероятная причина заключается в вымывании кремния из разрушающихся тканей на первом этапе, а затем – накоплении при прорастании корней сосудистых растений в образцы, что обсуждалось ранее (Коронатова, Шибаева, 2010).

Судя по изменению отношения Н/С, в ряме и КТ произошли некоторые изменения в соотношении групп органических соединений, в то время, как в ЦТ никаких изменений не было. В аэробной зоне ряма степень насыщенности связей снизилась, что можно связать с уменьшением доли алкильных радикалов, которые в первую очередь подвержены деструкции, и относительным накоплением ненасыщенных компонентов. Увеличение Н/С в анаэробной зоне ряма и КТ может быть следствием замедления деструкции, потребления алкильных радикалов и увеличения гидрирования кратных связей. Величина Н/С характеризует не только соотношение насыщенных и ненасыщенных связей в органических молекулах, но и является индикатором климатических условий гумусообразования, как было показано М.И. Дергачевой (2018). Дальнейшее изучение торфяных почв в этом отношении может оказаться интересной темой для исследования.

Суммарное содержание низкомолекулярных органических веществ было сходным в торфе ряма и краевой части топи. После деструкции содержание двукратно возросло в аэробной зоне ряма, вероятно, в связи с развитием сообщества микромицетов, которые внесли существенный вклад в суммарную массу и состав низкомолекулярных органических соединений. На это указывает увеличение содержания всех групп, а также трёхкратное повышение содержания соединений, которые не были идентифицированы. В топи двукратное снижение содержания органических веществ можно объяснить их потреблением бактериальным сообществом. Здесь сами деструкторы не внесли вклад в увеличение суммарного содержания органических соединений, но на их присутствие указывает трёхкратный рост содержания изопреноидных алканов (Пошибаева, 2015).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе показаны результаты изучения элементного состава и групп низкомолекулярных органических соединений в торфах Бакчарского болота в исходном состоянии и после деструкции. В целом, каждая болотная экосистема характеризовалась своей динамикой содержания углерода, азота и зольных элементов при деструкции. Поведение азота в ходе эксперимента было специфично: в ряме произошло увеличение его содержания, в краевой части топи – снижение, а в центральной – существенных изменений не было. Содержание фосфора, калия и натрия в основном снижалось в сообществах на разных глубинах. Содержание магния и железа выросло в топяных сообществах, а кальция – в краевой части топи. Аэробный слой ряма отличался от остальных локаций тем, что здесь произошло увеличение содержания всех элементов. Отношение C/N оказалось не определяющим для интенсивности разложения торфа в болотах. Вероятно, здесь более значимым фактором является степень анаэробности, которая влияет на состав сообщества микроорганизмов.

Анализ результатов позволяет сделать вывод о разных путях деструкции торфа в изученных сообществах. В поверхностном слое ряма значительное снижение массы торфа в ходе эксперимента сопровождалось увеличением содержания неорганических и органических веществ, что свидетельствует о развитии сообщества деструкторов. Вероятнее всего, оно было представлено микромицетами, что подтверждается ростом содержания азота, который входит в состав хитина их клеточных стенок, и согласуется с опубликованными данными (Добровольская и др., 2012). В

экосистеме края топи в нижнем слое торфа (25–30 см) разложение сопровождалось снижением содержания элементов питания растений, углерода, органических веществ и увеличением – двухвалентных металлов, железа и зольности. Наиболее вероятно, что здесь деструкторы представлены бактериальным сообществом, на что указывает увеличение содержания изопреноидных алканов. В этом же сообществе в поверхностном слое на уровне 5–10 см находились живые стебли мхов и сосудистых растений, опада мало, а торфа нет, и сообщество деструкторов развито слабо. В центре топи, судя по незначительному изменению содержания углерода, водорода, азота, отношения Н/С и снижению содержания большинства элементов, микробиологического разложения практически нет; уменьшение содержания зольных элементов происходило за счёт выщелачивания. Такое же незначительное участие биодеструкции в нижнем слое ряма связано с анаэробными условиями и более низкой температурой.

Таким образом, выявленные особенности динамики элементного состава и низкомолекулярных органических веществ при экспериментальной деструкции разных видов торфа позволили установить специфический ход деструкции для каждого сообщества Бакчарского болота.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания ИПА СО РАН.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Издательство МГУ, 1970. 488 с.
- Бетехтина А.А., Некрасова О.А., Дергачева М.И., Радченко Т.А., Большаков В.Н. Разложение корней луговых и лесных растений в зольном субстрате отвалов электростанций: лабораторный эксперимент // Известия РАН. Серия Биологическая. 2020. № 3. С. 318–324. <https://doi.org/10.31857/S0002332920010038>
- Вишнякова Е.К., Коронатова Н.Г., Михайлова Е.В. Трансформации соединений углерода и макроэлементов в торфяных залежах болот различной трофности // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Том 4. № 2. С. 137–140.
- Вишнякова Е.К., Миронычева-Токарева Н.П., Косых Н.П. Динамика разложения растений на болотах Васюганья // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2012. № 7 (122). С. 87–93.
- Волкова Е.М., Бойкова О.И., Хлытин Н.В. Изменение химического состава растений-торфообразователей в процессе разложения на карстово-суффозионных болотах Среднерусской возвышенности // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 283–292. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015222>
- Головацкая Е.А., Никонова Л.Г., Калашникова Д.А., Симонова Г.В. Динамика содержания тяжёлых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в процессе разложения сфагнома на осушенных и постпирогенных участках олиготрофных болот // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 3. e237. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i3.237>
- Головченко А.В., Санникова Ю.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Сапротрофный бактериальный комплекс верховых торфяников Западной Сибири // Микробиология. 2005. Том 74. № 4. С. 545–551.
- Дергачева М.И. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2018. 292 с.
- Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Кухаренко О.С., Якушев А.В., Семенова Т.А., Инишева Л.И. Структура микробных сообществ верховых и низинных торфяников Томской области // Почвоведение. 2012. № 3. С. 317–326. <https://doi.org/10.1134/S1064229312030039>
- Иванова Е.С., Харанжевская Ю.А., Миронов А.А. Латеральное распределение и миграция химических элементов в водах болот бассейнов рек Бакчар и Икса (Западная Сибирь) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. № 4. С. 55–64.
- Козловская Л.С., Егорова Р.А., Демьянова Ф.М. Минеральный состав растений-торфообразователей и их изменения в процессе разложения. В книге: Динамика органического вещества в процессе торфообразования / Л.С. Козловская, В.М. Медведева, Н.И. Пьявченко. Ленинград: Наука, 1978. С. 50–58.
- Коржов Ю.В., Коронатова Н.Г. Состав гексан-хлороформного экстракта верховых торфов южной тайги Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 213–220. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1303213>
- Коронатова Н.Г. Исследование разложения торфа в болотах методом инкубации сухих и влажных образцов // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2010. Том 1. № 1. С. 77–84. <https://doi.org/10.17816/edgcc1177-84>
- Коронатова Н.Г. Изменение содержания групп органических соединений в результате деструкции верховых торфов // Почва и окружающая среда. 2018. Том 1. № 1. С. 6–16. <https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.3>

- Коронатова Н.Г. Температурный режим торфяных олиготрофных почв Бакчарского болота (Западная Сибирь) // Почва и окружающая среда. 2019. Том 2. № 3. с79. <https://doi.org/10.31251/pos.v2i3.79>
- Коронатова Н.Г., Шибарева С.В. Изменение массы торфа в процессе его разложения на болотах Польши и Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2010. Том 3. С. 445–451.
- Миронычева-Токарева Н.П., Косых Н.П., Вишнякова Е.К. Продукционно-деструкционные процессы в болотных экосистемах Васюганья // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2013. Том 4. № 1 (7). <https://doi.org/10.17816/edgcc411-9>
- Никонова Л.Г., Головацкая Е.А., Курьина И.В., Курганова И.Н. Скорость разложения растений-торфообразователей в олиготрофных болотах южно-таежной подзоны Западной Сибири: оценка влияния уровня болотных вод и температуры торфяной залежи // Почвоведение. 2019а. № 9. С. 1092–1103. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19090065>
- Никонова Л.Г., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Жмурич В.А., Головацкая Е.А. Влияние абиотических факторов на разложение опада растений-торфообразователей в инкубационном эксперименте // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019б. № 46. С. 148–170. <https://doi.org/10.17223/19988591/46/8>
- Никонова Л.Г., Калашникова Д.А., Головацкая Е.А., Симонова Г.В. Запасы фитомассы и деструкция растений-торфообразователей на начальных этапах разложения в условиях ненарушенных и постпирогенных торфяников Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 2. с258. <https://doi.org/10.31251/pos.v7i2.258>
- Пошибаева А.Р. Биомасса бактерий как источник углеводов нефти. Диссертация ... канд. хим. наук. Москва, 2015. 124 с.
- Серебренникова О.В., Сваровская Л.И., Стрельникова Е.Б., Русских И.В., Кадычагов П.Б., Дучко М.А. Влияние биодеструкции на состав органических соединений торфа // Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири: сборник материалов III Международной научно-практической конференции (27 сентября – 3 октября 2015 г.). Ставрополь: ООО «Альфа-Принт», 2015. С. 163–166.
- Grover S.P.P., Baldock J.A. Carbon decomposition processes in a peat from the Australian Alps // European Journal of Soil Science. 2010. Vol. 61. P. 217–230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01220.x>
- Grover S.P.P., Baldock J.A. Carbon chemistry and mineralization of peat soils from the Australian Alps // European Journal of Soil Science. 2012. Vol. 63. P. 129–140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2011.01424.x>
- Louis V.L.St., Partridge A.D., Kelly C.A., Rudd J.W.V. Mineralization rates of peat from eroding peat islands in reservoirs // Biogeochemistry. 2003. Vol. 64. P. 97–110. <https://doi.org/10.1023/A:1024982915493>
- Maisto G., De Marco A., Meola A., Sessa L., De Santo A.V. Nutrient dynamics in litter mixtures of four Mediterranean maquis species decomposing in situ // Soil Biology and Biochemistry. 2011. Vol. 43. P. 520–530. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.11.017>
- Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Berkeley, Los Angeles: Univ. California Press, 1979. 372 p.

*Поступила в редакцию 31.03.2025*

*Принята 18.04.2025*

*Опубликована 30.04.2025*

#### **Сведения об авторе:**

**Коронатова Наталья Геннадьевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [koronatova@issa-siberia.ru](mailto:koronatova@issa-siberia.ru); <https://orcid.org/0000-0002-0557-0083>

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Changes in the elemental composition and content of low molecular organic compounds during experimental peat destruction in the southern taiga bogs (West Siberia)

© 2025 N. G. Koronatova 

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentieva, 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: [koronatova@issa-siberia.ru](mailto:koronatova@issa-siberia.ru)

**The aim of the study** was to investigate the dynamics of elemental composition and the content of low-molecular organic compounds during experimental destruction of different peat types in three communities of the Bakchar Bog (West Siberia, Russia).

**Location and time of the study.** The field experiment was carried out in three communities of the Bakchar Bog (56°51' N, 82°50' E): the pine-dwarf shrub-Sphagnum community (ryam), dwarf shrub-cotton grass-Sphagnum community at the edge of a poor fen and the sedge-Sphagnum community in the center of the poor fen. After preparation peat samples were placed at the depths of 5-10 and 25-30 cm, and after 4 and 16 months the samples were collected for analyses.

**Methods.** Total soil carbon, hydrogen and nitrogen content was determined on a Perkin Elmer 2400 Series II CNHS/O analyzer (USA). Phosphorus was determined colourimetrically, whereas soil exchangeable potassium, sodium, calcium, magnesium and iron were determined by atomic absorption. Extractive low-molecular organic compounds were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (Clarus 500 MS gas chromatograph, Perkin Elmer, USA) with a quadrupole detector.

**Results.** During the experiment, the carbon content decreased in all samples, while the nitrogen content and the H/C and C/N ratios changed differently among communities and depths. The C/N ratio was not the important driver of the peat decomposition intensity at the studied sites. The phosphorus, potassium and sodium content decreased in most cases. The concentration of magnesium and iron increased in the fen communities, whereas calcium decreased in the dwarf shrub-cotton grass-Sphagnum community of the fen edge. The aerobic layer of the ryam differed from other locations by the increased concentration of all the elements. After destruction the content of low-molecular organic compounds increased in the aerobic zone of the ryam and decreased in the fen. The content of individual groups of organic compounds changed differently, i.e. from a small change to a fourfold one.

**Conclusions.** Specific patterns of peat decomposition in the Bakchar Bog were found for each of the studied communities, based on the dynamics of the elemental composition and low-molecular organic compounds. In the aerobic zone of the ryam, the concentration of all elements and organic compounds increased, accompanied by the greatest mass loss. In the dwarf shrub-cotton grass-Sphagnum community, the concentration of elements both decreased and increased, and the content of organic compounds decreased. In the sedge-Sphagnum community, the leaching of the elements occurred. Most likely, such dynamics was due to the development of different communities of destructors: micromycetes in the aerobic zone of the ryam soils and bacteria at the edge of the poor fen. In the deep peat layer of the ryams and in the center of the poor fen, decomposition was negligible due to anaerobic conditions.

**Keywords:** peat soils; carbon; hydrogen; nitrogen; ash elements; extractable organic compounds.

**How to cite:** Koronatova N.G. Changes in the elemental composition and content of low molecular organic compounds during experimental peat destruction in the southern taiga bogs (West Siberia). *The Journal of Soils and Environment*. 2025. 8(1). e308. DOI: [10.31251/pos.v8i1.308](https://doi.org/10.31251/pos.v8i1.308) (in Russian with English abstract).

### FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the implementation of the state assignment of the ISSA SB RAS.

### REFERENCES

- Arinushkina E.V. Guidelines for chemical analysis of soils. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1970. 488 p. (in Russian).
- Betekhtina A.A., Nekrasova O.A., Dergacheva M.I., Radchenko T.A. Decomposition of meadow and forest plant roots in the ash substrate of power plant dumps: a laboratory experiment. *Biology Bulletin*. 2020. Vol. 47. No. 3. P. 299–305. <https://doi.org/10.1134/S1062359020010033>
- Vishnyakova E.K., Koronatova N.G., Mikhailova E.V. Transformation of carbon and macroelements compounds in mire peat deposits of different nutritional status. *Interexpo Geo-Siberia*. 2017. Vol. 4. No. 2. P. 137–140. (in Russian).
- Vishnyakova E.K., Mironycheva-Tokareva N.P., Kosykh N.P. Decomposition dynamics of plants of bogs (data: Vasyugan bog). *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2012. No. 7 (122). P. 87–93. (in Russian).

- Volkova E.M., Boykova O.I., Khlytin N.V. The changes of chemical parameters of peat-forming plants during decomposition processes on karst-suffusion mires of the Middle-Russian upland. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 2020. No. 1. P. 283–292. (in Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015222>
- Golovatskaya E.A., Nikonova L.G., Kalashnikova D.A., Simonova G.V. Dynamics of the heavy metals content (Zn, Cd, Pb, Cu) during the decomposition of Sphagnum moss at the drained and post-pyrogenic sites of oligotrophic bogs. *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 3. e237. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i3.237>
- Golovchenko A.V., Sannikova Yu.V., Dobroval'skaya T.G., Zvyagintsev D.G. The saprotrophic bacterial complex in the raised peat bogs of Western Siberia. *Microbiology*. 2005. Vol. 74. No. 4. P. 471–476. <https://doi.org/10.1007/s11021-005-0091-y>
- Dergacheva M.I. The system of humic substances as a basis for the diagnosis of paleosoils and reconstruction of the paleogenic environment. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2018. 292 p. (in Russian).
- Dobroval'skaya T.G., Golovchenko A.V., Kukhareno O.S., Yakushev A.V., Semenova T.A., and Inisheva L.A. The structure of the microbial communities in low-moor and high-moor peat bogs of Tomsk Oblast. *Eurasian Soil Science*. 2012. Vol. 45. No. 3. P. 273–281. <https://doi.org/10.1134/S1064229312030039>
- Ivanova E.S., Kharanzhevskaya Yu.A., Mironov A.A. Lateral distribution and migration of chemical elements in swamp waters within the Bakchar and Ikksa river basins (Western Siberia). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 2017. No. 4. C. 55–64. (in Russian).
- Kozlovskaya L.S., Egorova R.A., Dem'yanova F.M. The mineral composition of peat-forming plants and their changes during decomposition. In book: *Dinamika organicheskogo veshchestva v protsesse torfoobrazovaniya*. Leningrad: Nauka Publ., 1978. P. 50–58. (in Russian).
- Korzhov Yu.V., Koronatova N.G. The composition of hexane-chloroform extract of peat tops of the southern taiga of Western Siberia. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 2013. No. 3. P. 213–220. (in Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.1303213>
- Koronatova N.G. Investigation of peat decomposition in bogs by method of dry and wet samples incubation. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2010. Vol. 1. No. 1. P. 77–84. (in Russian). <https://doi.org/10.17816/edgcc1177-84>
- Koronatova N.G. Change of the content of organic compounds groups as a result of the sphagnum peat decomposition. *The Journal of Soils and Environment*. 2018. Vol. 1. No. 1. P. 6–16. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.3>
- Koronatova N.G. Temperature regime of fibrist histosols of the Bakchar Mire (Western Siberia). *The Journal of Soils and Environment*. 2019. Vol. 2. No. 3. e79. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v2i3.79>
- Koronatova N.G., Shibareva S.V. Change of peat mass during decomposition in mires of Poland and West Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2010. Vol. 3. No. 5. P. 445–451. <https://doi.org/10.1134/S1995425510030094>
- Mirnycheva-Tokareva N.P., Kosykh N.P., Vishnyakova E.K. Production and destruction processes in peatland ecosystems of Vasyugan region. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2013. Vol. 4. No. 1 (7). (in Russian). <https://doi.org/10.17816/edgcc411-9>
- Nikonova L.G., Golovatskaya E.A., Kur'ina I.V., Kurganova I.N. Decomposition rate of peat-forming plants in oligotrophic bogs of the southern taiga subzone of Western Siberia: assessment of the effect of water table level and peat deposit temperature. *Eurasian Soil Science*. 2019a. Vol. 52. No. 9. P. 1101–1111. <https://doi.org/10.1134/S1064229319090060>
- Nikonova LG, Kurganova IN, Lopes de Gerenyu VO, Zhmurin VA, Golovatskaya EA. Impact of abiotic factors on the decomposition of litter of peat-forming plants in the incubation experiment. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2019b. Vol. 46. P. 148–170. (in Russian). <https://doi.org/10.17223/19988591/46/8>
- Nikonova L.G., Kalashnikova D.A., Golovatskaya E.A., Simonova G.V. Phytomass reserves and degradation of peat-forming plants at the first stages of decomposition in natural and post-pyrogenic peatlands of West Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. Vol. 6. No. 2. e258 (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v7i2.258>
- Poshibaeva A.R. Bacterial biomass as a source of petroleum hydrocarbons. Dissertation ... Cand. of Chemical Sci. Moscow, 2015. 124 p. (in Russian).
- Serebrennikova O.V.1, Svarovskaya L.I.1, Strelnikova E.B.1, Russkikh I.V.1, Kadychagov P.B. Duchko M.A. Biodegradation influence on peat organic compounds composition. *Problemy isucheniya i ispol'zovaniya torfyanykh resursov Sibiri: Proceedings of the III International scientific and practical conference (September 27 – October 3, 2015)*. Stavropol: Alfa-Print LLC, 2015. P. 163–166. (in Russian).

- Grover S.P.P., Baldock J.A. Carbon decomposition processes in a peat from the Australian Alps. *European Journal of Soil Science*. 2010. Vol. 61. P. 217–230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01220.x>
- Grover S.P.P., Baldock J.A. Carbon chemistry and mineralization of peat soils from the Australian Alps. *European Journal of Soil Science*. 2012. Vol. 63. P. 129–140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2011.01424.x>
- Louis V.L.St., Partridge A.D., Kelly C.A., Rudd J.W.V. Mineralization rates of peat from eroding peat islands in reservoirs. *Biogeochemistry*. 2003. Vol. 64. P. 97–110. <https://doi.org/10.1023/A:1024982915493>
- Maisto G., De Marco A., Meola A., Sessa L., De Santo A.V. Nutrient dynamics in litter mixtures of four Mediterranean maquis species decomposing in situ. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. Vol. 43. P. 520–530. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.11.017>
- Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Berkeley, Los Angeles: Univ. California Press, 1979. 372 p.

*Received 31 March 2025*

*Accepted 18 April 2025*

*Published 30 April 2025*

#### **About the author:**

**Natalia G. Koronatova** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [koronatova@issa-siberia.ru](mailto:koronatova@issa-siberia.ru); <https://orcid.org/0000-0002-0557-0083>

*The author read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)