

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГРУПП ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕСТРУКЦИИ ВЕРХОВЫХ ТОРФОВ**

© 2018 Н.Г. Коронатова

Адрес: ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: coronat@mail.ru

Различные группы органических соединений определены в гексан-хлороформном экстракте фускум-торфа и мочажинного торфа из Бакчарского болота, расположенного в пределах Томской области. Органические соединения определяли в исходных торфах, отобранных с глубины 40-60 см в повышенных (рям) и пониженных (топь) болотных ландшафтах, а также после их экспериментальной деструкции в течение 16 месяцев выше и ниже уровня болотных вод на глубинах 5-10 и 25-30 см в тех же болотных экосистемах, где они были взяты. Анализ экстрактивных веществ торфов осуществляли методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Суммарное содержание всех экстрактивных веществ было 309 мкг/г абс. сух. вещ. в мочажинном торфе и 281 мкг/г абс. сух. вещ. в фускум-торфе. После деструкции фускум-торфа общее содержание экстрактивных веществ увеличилось в два раза в аэробной зоне и незначительно уменьшилось в анаэробной зоне, а после деструкции мочажинного торфа уменьшилось почти в два раза на обеих глубинах. Эти изменения сопровождались относительным увеличением содержания цетана, а также некоторых алканов с чётным числом атомов углерода в молекуле, карбоновых кислот и С26-кетона (в аэробном слое залежи фускум-торфа), С25-кетона и алканов изопрениодного строения (в мочажинном торфе). В то же время наблюдалось относительное снижение содержания пальмитиновой кислоты и алканов изопрениодного строения (в анаэробной зоне фускум-торфа), некоторых алканов с нечётным количеством атомов углерода в молекуле, С29-кетона (в мочажинном торфе на обеих глубинах), а также С27-кетона (на глубине 25-30 см в мочажине). Эти результаты свидетельствуют о различных путях преобразования органической массы при деструкции в повышенных (рямы, гряды) и пониженных (топи, мочажины) болотных экосистемах.

Ключевые слова: верховое болото, группы органических соединений торфа, газовая хромато-масс-спектрометрия, деструкция торфа, Западная Сибирь

Цитирование: Коронатова Н.Г. Изменение содержания групп органических соединений в результате деструкции верховых торфов // Почвы и окружающая среда. 2018. № 1(1). С.6–15.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение состава органических соединений в верховых торфах важно и в теоретическом, и в практическом плане, что особенно актуально для западносибирского региона, который является наиболее заболоченной территорией мира с богатейшим запасом торфяных ресурсов. Наиболее подробно и глубоко состав экстрактивных компонентов торфов юга Западной Сибири исследован О.В. Серебренниковой с соавт. (2010, 2013, 2014а, б, в), М.А. Дучко с соавт. (2013), Е.Б. Стрельникова со соавт. (Strel'nikova et al, 2014), которые установили групповой состав и наиболее характерные индивидуальные соединения в зависимости от водного, водно-минерального режима питания болот, рН болотных вод, торфообразующей растительности, влияния осушения и пожаров.

Известно, что в ходе экспериментальной деструкции в естественных условиях может заметно уменьшаться масса торфа за небольшой отрезок времени (Коронатова, 2010; Коронатова, Шибарева, 2010). В австралийских горных верховых болотах S.P.P. Grover и J.A. Baldock (2010, 2012) изучали, как после года деструкции, которая сопровождалась снижением массы образцов, меняется соотношение углеводов к кислородсодержащим соединениям, а также содержание ароматических веществ в торфе. О.В. Серебренникова с соавт. (2015) проводили лабораторный эксперимент по микробному окислению низинного торфа для изучения влияния биодеструкции на молекулярный состав органического вещества торфа. Они обнаружили снижение суммарного содержания групп органических соединений, которое при этом сопровождалось увеличением концентрации некоторых индивидуальных соединений за счёт вклада микроорганизмов. В настоящее время, видимо, отсутствуют работы, которые исследуют изменение состава

органических веществ в результате деструкции торфа в естественных условиях болот Западной Сибири. Целью данного исследования выявить основные группы органических соединений и изменение их содержания в результате деструкции двух типов верховых западносибирских торфов в болотных экосистемах выше и ниже уровня болотных вод.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были два вида верхового торфа фускум-торф и сфагновый мочажинный. Образцы были отобраны с глубины 40-60 см в верховых болотных экосистемах Бакчарского болота ($56^{\circ}51'$ с.ш., $82^{\circ}50'$ в.д.), которое расположено в пределах Томской области и относится к северо-восточным отрогам Большого Васюганского болота (рис.1). Фускум-торф был извлечён из залежи сосново-кустарничково-сфагнового болота (ряма), где водородный показатель болотных вод был 3,8, зольность торфа составила 2,4%, степень разложения 5-10%. Сфагновый мочажинный торф был отобран в примыкающей к рямю обводненной мочажине с пушицево-сфагновым сообществом с рН болотных вод 3,9; его зольность составила 1,4%, степень разложения 10-15%. Торф высушивали в сушильном шкафу при температуре 60 °С, после чего часть помещали по 2 г в синтетические мешочки с размером ячеек 0,2-0,3 мм. В начале лета мешочки закладывали в те же экосистемы, где торф был отобран, выше и ниже уровня болотных вод на глубину 5-10 см и 25-30 см, а осенью следующего года, через 16 месяцев, их извлекали, взвешивали и высушивали. Детальное описание методики полевого эксперимента по изучению деструкции торфа в естественных условиях приведено в работе Н.Г. Коронатовой (2010).



Рисунок 1. Болотные экосистемы Бакчарского комплекса: А сосново-кустарничково-сфагновое болото (ряма); Б травяно-сфагновое болото (топь или мочажина).

Для определения состава битуминозных компонентов, высушенный торф измельчали на лабораторной мельнице ЛЗМ-1 и обрабатывали смесью хлороформа с гексаном (1:4 по объёму). Анализ экстрактивных веществ торфов осуществляли методом газовой хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Clarus 500 MS фирмы PerkinElmer с квадрупольным детектором. Идентификацию веществ проводили по относительным временам удерживания и по библиотеке масс-спектров, имеющейся в программном обеспечении к прибору, NIST, Wiley и Pflieger/Maurer/Weber. Концентрации веществ определяли по внутреннему стандарту аценафтену-d10. Более подробно с методикой аналитической части работы можно ознакомиться в статье Ю.В. Коржова и Н.Г. Коронатовой (2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За 16 месяцев экспериментальной деструкции торфа произошло уменьшение его массы, причём в разной степени в зависимости от экосистемы и глубины закладки образцов (рис. 2). В верхнем слое ряма торф потерял около половины своей исходной массы за 16 месяцев. Здесь наблюдались морфологические изменения образцов: через год произошло измельчение торфа и появились мажущие темно-коричневые участки сильноразложившегося торфа, густо пронизанные

живыми корнями кустарничков. Пробы в нижнем слое ряма потеряли менее 20% массы, а на обеих глубинах в топи около 30%. При визуальном осмотре торфа изменений не зафиксировано. Прирост массы торфа в мочажине произошел в связи с прорастанием и последующим отмиранием корней трав в образцах (Корнатов, 2010; Корнатов, Шибарева, 2010).

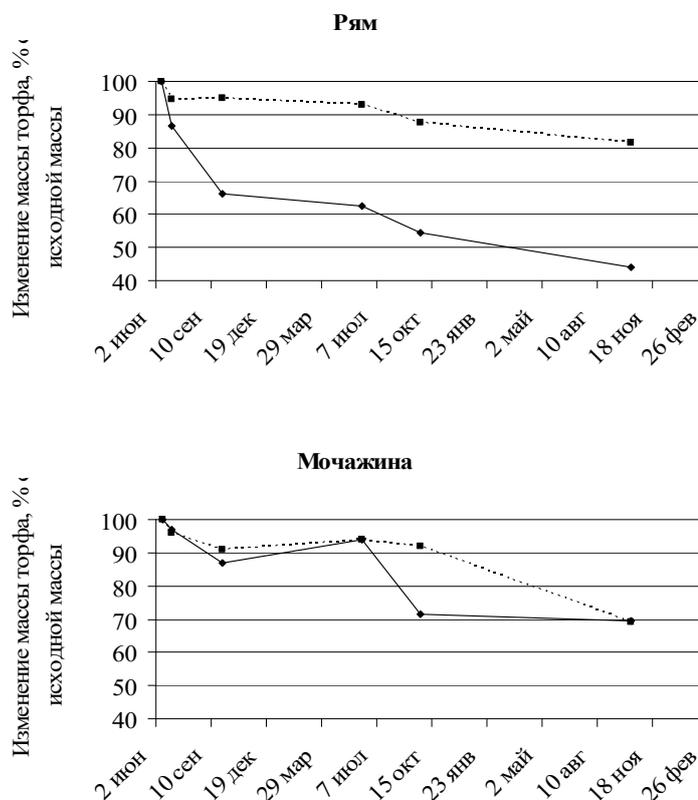


Рисунок 2. Изменение массы торфа (% от исходной массы) в ходе экспериментальной деструкции на Бакчарском болоте: сплошная линия на глубине 5-10 см, пунктирная линия на глубине 25-30 см.

В составе гексан-хлороформного экстракта половину и более составляли циклические терпеноиды, 18% нормальные алканы (н-алканы). Определены также жирные кислоты, кетоны, токоферолы, алканы изопреноидного строения и арены (Коржов, Корнатов, 2013). Более 10% веществ не идентифицировано. Экстрактивные вещества содержались в количестве 281 мкг/г абс. сух. вещ. в фускум-торфе и 309 мкг/г абс. сух. вещ. в мочажинном торфе. После экспериментальной деструкции их содержание в фускум-торфе увеличилось почти в два раза в аэробной зоне и мало изменилось в анаэробной. В мочажинном торфе, напротив, после деструкции произошло снижение содержания экстрактивных веществ в два раза на обеих глубинах.

н-Алканы составили почти пятую часть от массы экстракта исходных торфов. Установлено бимодальное распределение н-алканов с максимумами, приходящимися на C16 и C25–C31 (рис. 3). Длина гомологического ряда была C39 для мочажинного торфа и C33 для фускум-торфа. Содержание н-алканов с нечётным количеством атомов углерода в молекуле было в два и более раза выше, чем с чётным. В фускум-торфе относительное содержание «нечётных» углеводородов в сравнении с «чётными» оказалось выше, чем в мочажинном. В то же время, максимальное содержание пришлось на цетан (C₁₆H₃₄), площадь пика которого была наибольшей. Через год экспериментальной деструкции фускум-торфа общее содержание н-алканов увеличилось в 1,5 раза в аэробном слое и не изменилось в анаэробном. Содержание цетана увеличилось в 2,4 раза в аэробной зоне, и в 1,4 раза в анаэробной. Содержание остальных «чётных» алканов в поверхностном слое возросло в 1,4-4,6 раз. Содержание C25-, C27- и C31-алканов, суммарная масса которых в исходном торфе была 24 мкг/г абс. сух. вещ., в анаэробном слое стала меньше в 1,2-1,3 раза, а содержание C29-алкана не изменилось. В отличие от фускум-торфа, в мочажинном

торфе после деструкции содержание цетана изменилось не существенно, а общая концентрация н-алканов уменьшилась в 1,5-1,7 раза. Самые заметные изменения произошли в содержании «нечётных» алканов с числом атомов углерода C23-C35: их содержание на обеих глубинах упало в 2-3 раза по сравнению с исходным торфом. После деструкции в мочажинном торфе исчезли C39-, C37-, а в нижнем слое также C35-алканы.

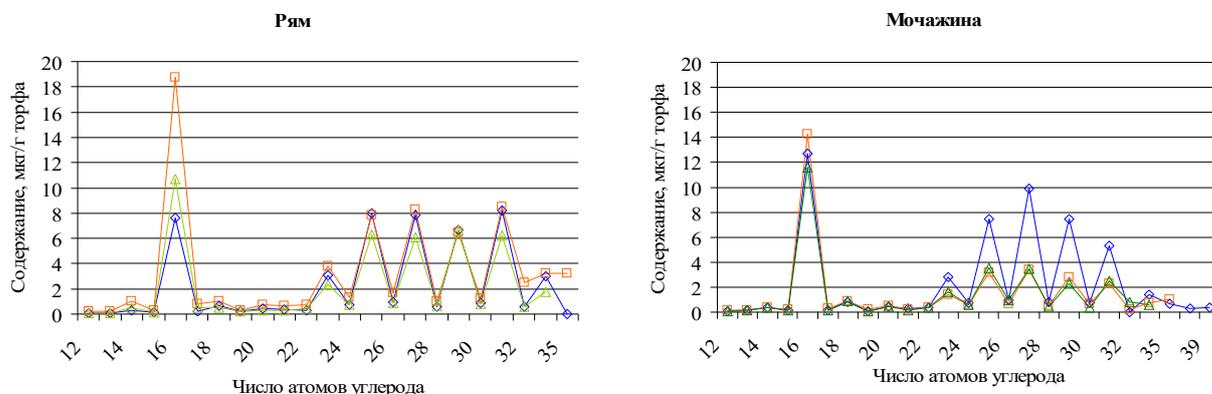


Рисунок 3. Изменение содержания н-алканов, мкг/г абс. сух. торфа: синим исходный торф, красным торф после деструкции на глубине 5-10 см, зелёным торф после деструкции на глубине 25-30 см.

Алканы изопреноидного строения обнаружены в концентрациях от следовых количеств до 1 мкг/г абс.сух.вещ., из них больше всего было фитана. После деструкции в рьяе их суммарное содержание несколько выросло в верхнем слое, главным образом, за счёт фитана. В мочажине изменения наблюдались в слое 25-30 см: здесь увеличилась концентрация C14- и C16-изопреноидных алканов и особенно заметно фитана в 3,5 раза (рис. 4).

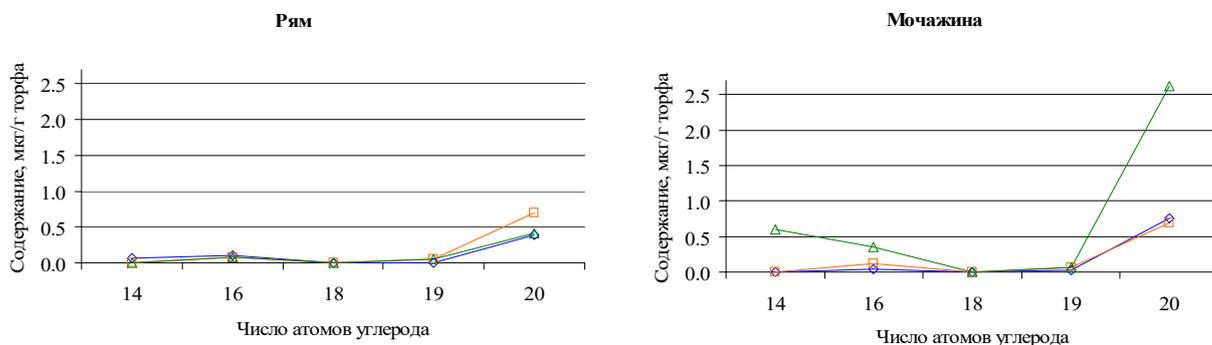


Рисунок 4. Изменение содержания алканов изопреноидного строения, мкг/г абс. сух. торфа: Усл. обозн. см. рис. 3.

Исходное содержание жирных кислот было выше в мочажинном торфе (23,7 мкг/г) по сравнению с фускум-торфом (19,5 мкг/г). Основное содержание пришлось на пальмитиновую ($C_{15}H_{31}COOH$), а также миристиновую ($C_{13}H_{25}COOH$) кислоты (рис. 5). Суммарные концентрации других карбоновых кислот были практически одинаковыми 9,0 и 9,1 мкг/г абс. сух. вещ. в фускум-торфе и мочажинном, соответственно. После деструкции фускум-торфа общее содержание карбоновых кислот в аэробном слое выросло в 1,7 раз, а в анаэробном уменьшилось в 1,3 раза. Сходным образом изменилось содержание пальмитиновой кислоты: в верхнем слое оно увеличилось в 1,4 раза, а в нижнем уменьшилось в 1,5 раз. Содержание других гомологов мало изменилось в анаэробной зоне, в то время как в аэробной стало больше в 1,4-3,0 раза. В мочажинном торфе после деструкции общее содержание карбоновых кислот снизилось до 17,1 мкг/г абс. сух. вещ. в верхнем слое и до 10,7 мкг/г абс. сух. вещ. в нижнем. Содержание пальмитиновой кислоты также уменьшилось пропорционально падению общего содержания кислот. В верхнем слое увеличилось содержание C8-, C10-, C11- и C15-гомологов, осталось на прежнем уровне C12- и C13-кислот и снизилось C17- и C18-кислот. В нижнем слое залежи в мочажине содержание кислот уменьшилось либо не изменилось.

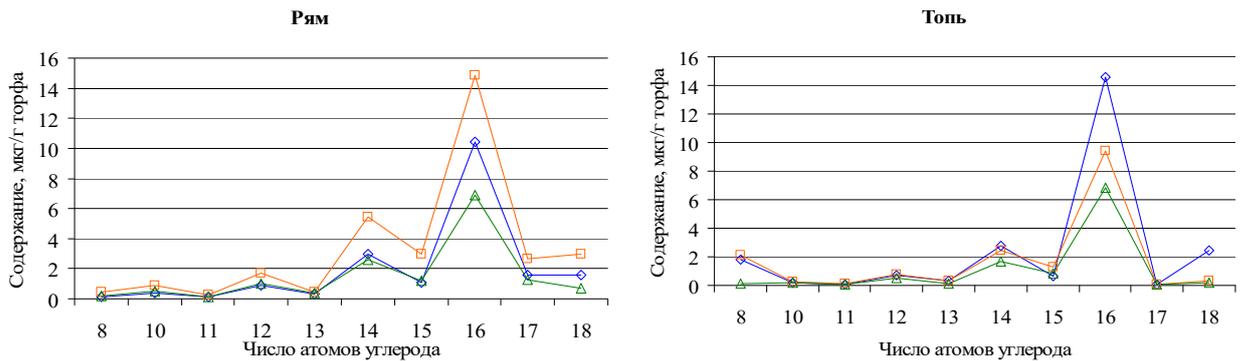


Рисунок 5. Изменение содержания карбоновых кислот, мкг/г абс. сух. торфа: Усл. обозн. см. на рис. 3.

Суммарное содержание кетонов (с числом атомов углерода от C21 до C32) составило 23,9 мкг/г в фускум-торфе и 9,8 мкг/г в мочажинном торфе. На долю C27-кетона приходилось 49% и 43% в мочажинном и фускум-торфе, соответственно (рис. 6). После деструкции торфа в течение года, изменение содержания кетонов было сходно с изменением содержания карбоновых кислот: для фускум-торфа наблюдалось их увеличение в аэробном слое (на 60%) и незначительные уменьшение в анаэробном слое (на 10%), а для мочажинного торфа отмечено снижение содержания в верхнем слое (на 24%) и ещё более значительное в нижнем слое (на 56%). После деструкции фускум-торфа содержание C27-кетона в аэробном слое увеличилось на 30%, а в анаэробном снизилось на 20%. Содержание всех остальных гомологов, кроме C32-кетона, в аэробном слое увеличилось, но наиболее явно выросло содержания C26-кетона в 2,3 раза. В анаэробном слое содержание этого кетона не изменилось. В мочажинном торфе содержание C27-кетона в верхнем слое уменьшилось в соответствии со снижением общего содержания кетонов, а в нижнем слое произошло резкое падение его концентрации, почти в 12 раз от исходного. На обеих глубинах почти в 2,5 раза снизилось содержание C29-гомолога, в отличие от C25-кетона, содержание которого возросло в среднем в 5,6 раз.

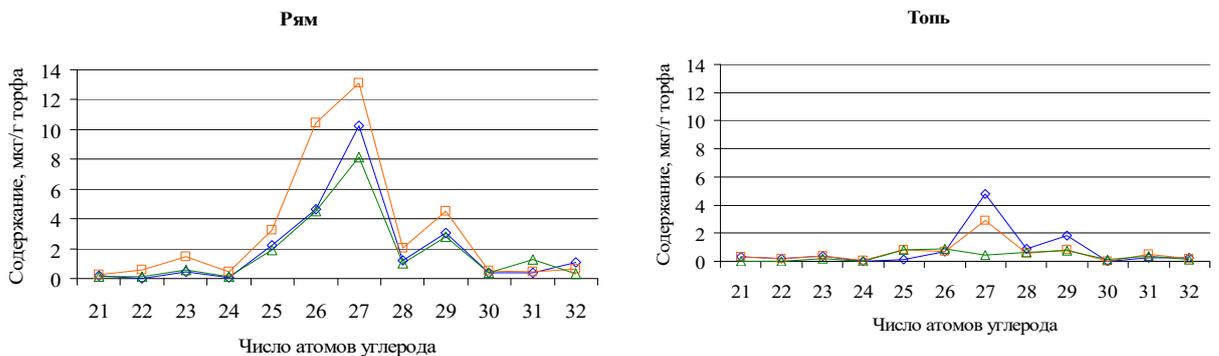


Рисунок 6. Изменение содержания кетонов, мкг/г абс.сух.торфа: Усл. обозн. см. на рис. 3.

Исходное суммарное содержание бициклических аренов было низко и одинаково в двух видах торфа: около 0,1 мкг/г сух. вещ. Бициклические арены были представлены нафталином и его различными метил- диметил- и этилпроизводными. После деструкции наблюдалось разное распределение индивидуальных соединений в фускум-торфе и мочажинном. В ряме концентрация биаренов увеличилась на обеих глубинах до 0,24 мкг/г, причём в верхнем слое в связи с ростом концентрации практически всех производных нафталина, а в нижнем в связи с ростом концентрации одного производного, 1,3-диметилнафталина. В мочажине произошло небольшое снижение каждого из соединений до 0,06-0,07 мкг/г сух. вещ. торфа.

Суммарное содержание трициклических аренов было так же низко и одинаково в обоих исходных торфах, как и бициклических, составив 0,10-0,12 мкг/г сух. вещ. Эта группа была

представлена фенантrenom и его метилпроизводными в соотношении 1:1. После деструкции в верхнем слое ряма концентрация фенантрена и большинства его производных увеличилась в два раза, а в нижнем слое изменения были незначительны. На обеих глубинах в мочажине все соединения снизили своё содержание в 2-3 раза до 0,04 мкг/г сух. вещ. торфа.

На долю циклических терпеноидов пришлось около половины массы экстракта. В отличие от многих других групп соединений, содержание которых в исходных торфах было близко, в мочажинном торфе изначально содержалось почти в 1,5 раза больше циклических терпеноидов, чем в фускум-торфе. Установлено, что в этой группе большинство веществ совпадали в разных торфах, но также присутствовали индивидуальные соединения, встречающиеся только в мочажинном или только в фускум-торфе. Характер изменений после деструкции был подобен многим другим группам: увеличение концентрации в верхнем слое в ряме и уменьшение на обеих глубинах в мочажине (рис. 7).

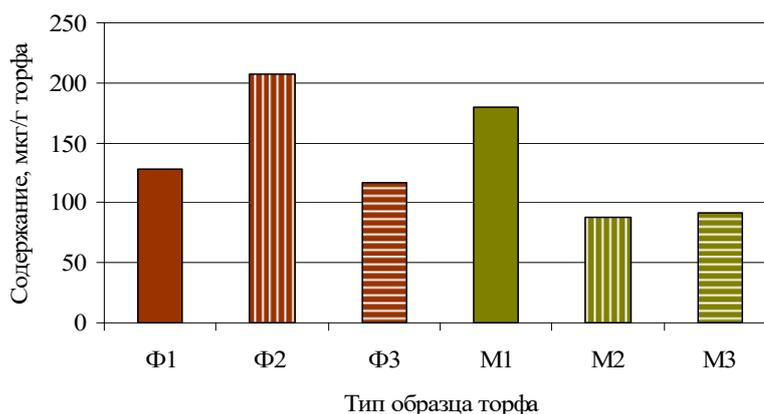


Рисунок 7. Изменение содержания циклических терпеноидов, мкг/г абс.сух.торфа . Ф1 исходный фускум-торф, Ф2 фускум-торф после деструкции на глубине 5-10 см, Ф3 фускум-торф после деструкции на глубине 25-30 см, М1 исходный мочажинный торф, М2 мочажинный торф после деструкции на глубине 5-10 см, М3 мочажинный торф после деструкции на глубине 25-30 см

Содержание токоферолов было высоко 10,8 мкг/г абс. сух. вещ. в фускум-торфе и 3,2 мкг/г абс. сух. вещ. в мочажинном торфе. В мочажинном торфе преобладал α -токоферол, в то время как в фускум-торфе β - и γ -токоферол. После деструкции в верхнем слое ряма содержание токоферолов выросло до 13,3 мкг/г, а в нижнем слое ряма и на обеих глубинах в мочажине уменьшилось, причём в мочажине в 2 раза (рис. 8).

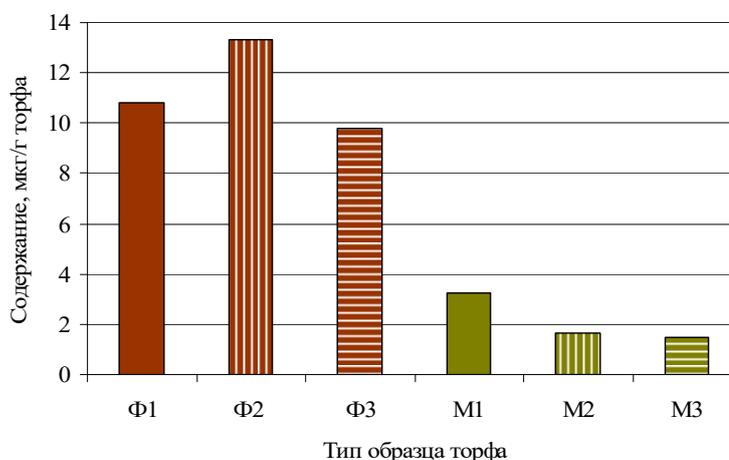


Рисунок 8. Изменение содержания токоферолов, мкг/г абс. сух. торфа: Усл. обозн. см. на рис. 7

Содержание не идентифицированных соединений во всех торфах было от 28 до 46 мкг/г абс. сух. вещ., за исключением фускум-торфа после года деструкции в аэробных условиях, где их содержание резко увеличилось в до 158 мкг/г абс. сух. торфа.

ОБСУЖДЕНИЕ

Общее содержание всех экстрактивных веществ в исходных фускум-торфе и мочажинном торфе было сходно, также совпадали основные группы органических соединений, хотя были различия в соотношении компонентов. После деструкции концентрация всех идентифицированных экстрактивных веществ выросла в 1,5 раза в верхнем слое рьяма в связи с развитием сообщества микроорганизмов, и мало изменилась в его нижнем слое, поскольку в аэробных и холодных условиях биодеструкторы угнетены. На обеих глубинах в мочажине экспериментальные образцы лучше прогревались, а также здесь складывались частично аэробные условия за счёт развития корневых систем трав (Коронатова, 2010; Коронатова, Шибарева, 2010). Такие условия способствовали аналогичному изменению концентрации веществ на обеих глубинах в мочажине их снижению почти в два раза. Известно, что в пониженных микроландшафтах верховых болот (мочажинах) микробная масса ниже в несколько раз и представлена главным образом бактериями в отличие от микромицетов в повышенных элементах болотного ландшафта (рямах, грядах) (Dobrovol'skaya et al., 2012). Принципиальные различия в составе деструкторов, видимо, обусловили разницу в изменении концентраций веществ: увеличение в верхнем слое рьяма в связи с вкладом самих микромицетов и снижение в мочажине в связи с разрушением органических соединений бактериями, причём вклад самих бактерий в состав органических соединений, по-видимому, был минимален. В пользу этого говорит, например, значительное снижение содержания высокомолекулярных *n*-алканов здесь (см. рис. 2).

Преобладание *n*-алканов с нечётным числом атомов углерода в молекуле свидетельствует об их происхождении от высших растений (Серебренникова и др., 2013, 2014b, c). В то же время, максимальное содержание пришлось на «чётный» цетан (C₁₆H₃₄). Согласно литературным данным (Дучко и др., 2013; Серебренниковой и др., 2014c), источником цетана в торфах могут являться различные микроорганизмы, главным образом, аэробные бактерии и низшие грибы. Присутствие цетана в исходных торфах позволяет диагностировать присутствие микроорганизмов на глубине 40-60 см в анаэробных условиях, хотя при этом нельзя сказать, живые ли это микроорганизмы и споры или законсервированные на полуметровой глубине остатки. В исходном фускум-торфе количество микроорганизмов или их остатков меньше, чем в мочажинном, хотя в аэробных условиях на поверхности болот микробная масса выше в повышенных микроландшафтах (Головченко и др., 2005; Dobrovol'skaya et al., 2012). После эксперимента в фускум-торфе содержание цетана выросло почти в 2,5 раза в верхнем аэрируемом слое в связи с развитием сообщества микромицетов в экспериментальных образцах. В нижнем слое рьяма анаэробные условия обусловили незначительное изменение в содержании цетана. В мочажинном торфе концентрация цетана не изменилось, но в 2-3 раза упало содержание нечётных *n*-алканов с числом атомов C₂₅-C₃₅, которые подверглись биодegradации. В то же время здесь выросло относительное содержание низкомолекулярных *n*-алканов за счёт вклада микроорганизмов и биодеструкции (Серебренникова и др., 2014b, 2015).

Изменение концентрации изопреноидных алканов происходило аналогично изменению общего содержания экстрактивных веществ, за исключением нижнего слоя в мочажине, где в результате эксперимента выросло почти в пять раз, главным образом за счёт фитана. Известно, что фитан образуется в восстановительных условиях из фитола, который входит в состав хлорофилла. В мочажине на глубине 25-30 см присутствие болотных вод обусловило постоянные восстановительные условия. Поступающий в слой торфа растительный опад, представленный корнями и корневищами трав, служил постоянным источником фитола, который, вероятно, подвергался микробному окислению в верхнем слое торфа, а в нижнем превращался в фитан. В рьяме травы отсутствовали, растительный опад поступал в основном на поверхность мохового покрова, и фитан не образовался.

Пальмитиновая кислота широко распространена в природе, особенно высоко её содержание в микроорганизмах. Её исходная концентрация в мочажинном торфе была в 1,5 раза выше, чем в фускум-торфе, что аналогично содержанию цетана. Рост содержания пальмитиновой кислоты в 2 раза после инкубации в верхнем слое рьяма и падение концентрации кислот на обеих глубинах в мочажине связано с теми же причинами, что и для цетана. В то же время в верхних слоях рьяма и

мочажины отмечено относительное увеличение содержания низкомолекулярных гомологов, что косвенно свидетельствует о развитии сообщества деструкторов в экспериментальных образцах торфа (Серебренникова и др., 2014b, 2015).

Источником кетонов в торфе являются воска растений, а также микробное окисление алканов (Strel'nikova et al., 2014). После деструкции в аэробном слое ряма существенный рост содержания С27- и особенно С26-кетонов может быть связан с теми же причинами, которые вызывают сдвиг содержания кетонов в высокомолекулярную область в осушенном торфе (Серебренникова и др., 2014b).

Согласно работам Серебренниковой с соавт. (2014c), источником токоферолов в торфе являются хвойные растения. Действительно, в торфе ряма, где растут сосны, содержание токоферолов более, чем в 3 раза выше, чем в мочажине. Здесь преобладал β - и γ -токоферол, в то время как в мочажине α -токоферол, что связано, вероятно, с происхождением от разных групп растений.

В фускум-торфе после деструкции в аэрируемом слое содержание не идентифицированных соединений было в несколько раз выше, чем в других торфах, что связано с развитием микробосообщества, деятельность которого приводит к увеличению степени разложения торфа и возникновению большого разнообразия органических веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышенные ландшафты (гряды, рямы) и пониженные (топи, мочажины) существуют в комплексе и формируют современный облик западносибирских болот. Несмотря на тесное сосуществование, эти ландшафты существенно различаются по видовому составу растений и микроорганизмов, составу и свойствам торфа, гидрологическому и термическому режиму, что было показано исследователями из разных областей. Результаты данной работы свидетельствуют также о различии в биохимическом преобразовании органической массы торфа при деструкции в залежи повышенных и пониженных болотных экосистем Западной Сибири, очевидно, в связи с разницей в составе микробосообществ. Следствием этого может быть разная скорость углеродного цикла на деструкционном этапе в зависимости от типа болотного ландшафта.

При деструкции в ряме в верхнем аэробном слое, который за год потерял около половины своей массы, возросло содержание цетана, пальмитиновой и миристиновой кислот, С26-кетона, бициклических компонентов, фенантрена и неидентифицированных соединений. В нижнем анаэробном слое ряма существенные изменения не наблюдались, за исключением увеличения содержания 1,3-диметилнафталина.

В мочажине более выраженные изменения были приурочены к нижнему 30-см слою: здесь выросло содержание изопреноидных алканов, особенно фитана, и почти исчез С27-кетон, который преобладал в исходном торфе. На обеих глубинах в мочажине уменьшилось содержание нечётных алканов с длиной углеродной цепочки от С25 до С31, пальмитиновой кислоты, трициклических аренов, терпеноидов и токоферолов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает глубокую признательность доценту Института природопользования Югорского государственного университета, кандидату химических наук Юрию Владимировичу Коржову за неоценимую помощь в освоении методики газовой хромато-масс-спектрометрии и идентификации веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головченко А.В., Санникова Ю.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Сапротрофный бактериальный комплекс верховых торфяников Западной Сибири // *Микробиология*. 2005. Т. 74. №4. С. 545-551.
2. Дучко М.А., Гулая Е.В., Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Прейс Ю.И. Распределение н-алканов, стероидов и тритерпеноидов в торфе и растениях болота Тёмное // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2013. Т. 323. №1. С. 40-44.
3. Коржов Ю.В., Корнатовая Н.Г. Состав гексан-хлороформного экстракта верховых торфов южной тайги Западной Сибири // *Химия растительного сырья*. 2013. №. 3. С.213-220.
4. Корнатовая Н.Г. Исследование разложения торфа в болотах методом инкубации сухих и влажных образцов // *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*. 2010. №.1. С. 65-71.

5. 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.
6. 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 // В сб.: *Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири: Материалы III Междунар. науч.-практич. конф.* Екатеринбург, 2015. С. 163-166.
7. Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Дучко М.А., Аверина Н.Г., Козел Н.В. Сравнительный анализ химического состава битуминозных компонентов низинных торфов двух болотных экосистем // *Фундаментальные исследования*. 2014а. № 12. Часть 1. С. 112-117.
8. Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Прейс Ю.И., Аверина Н.Г., Козел Н.В., Бамбалов Н.Н., Ракович В.А. Состав экстрактивных веществ торфов осушенных и ненарушенных верховых болот Беларуси и Западной Сибири // *Известия Томского политехнического университета. Химия и химические технологии*. 2014b. Т. 325, № 3. С. 31-45.
9. Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Прейс Ю.И., Дучко М.А. Влияние источника и условий торфонакопления на индивидуальный состав битуминозных компонентов торфа на примере двух низинных болот Западной Сибири // *Известия Томского политехнического университета. Химия и химические технологии*. 2014с. Т. 325. № 3. С. 80-91.
10. Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Прейс Ю.И. Особенности состава липидов верховых и низинных торфов юга Томской области // *Известия Томского политехнического университета*. 2013. Т. 322, № 3. С. 77-82.
11. Dobroval'skaya T.G., Golovchenko A.V., Kukharensko 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, № 3. P.273-281.
12. 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, №1. P. 217-230.
13. 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, №2. P. 129-140.
14. Serebrennikova O.V., Preis Yu.I., Kadychagov P.B., Gulaya E.V. Hydrocarbon composition of the organic matter of peats in the south of Western Siberia // *Solid Fuel Chemistry*. 2010. Vol. 44, №5. P. 40-50.
15. Strel'nikova E.B., Serebrennikova O.V., Preis Yu.I. Oxygen-containing organic compounds of the bituminous components of high-moor peat from the south of Western Siberia // *Solid Fuel Chemistry*. 2014. Vol. 48, № 2. P. 85-91.

Поступила в редакцию 13.03.2017;
принята 01.12.2017; опубликована 10.01.2018

Сведения об авторе:

Коронатова Наталья Геннадьевна - научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, лаборатория биогеоценологии, Новосибирск, Россия, coronat@mail.ru

CHANGE OF THE CONTENT OF ORGANIC COMPOUNDS GROUPS AS A RESULT OF THE SPHAGNUM PEAT DECOMPOSITION

© 2018 N.G. Koronatova 

Address: Institute of Soil Science and Agro chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: coronat@mail.ru

Different groups of organic compounds were specified in hexane-chloroform extract of fuscum peat and Sphagnum hollow peat retrieved in Bakcharsky bog that is situated in Tomsk region. Organic components were identified in native peats taken from a depth of 40-60 cm in elevated (pine-shrub-Sphagnum bog) and low (sedge-Sphagnum lawn) mire landscapes, and after their field decomposition in the same ecosystems during 16 months above and below the water table, at depths of 5-10 cm and 25-30 cm. The analysis of peat extractive compounds was carried out by gas chromatography-mass spectrometry. The total content of all extractives was 309 µg/g abs. dry matter in Sphagnum hollow peat and 281 µg/g abs. dry matter in fuscum peat. After the decomposition, the total content of compounds 2-fold increased in aerobic zone and slightly decreased in the anaerobic zone in fuscum peat, and their content in Sphagnum hollow peat were almost 2 times lower at both depths. These changes were accompanied by a relative increase in content of cetane, as well as some n-alkanes with an even number of carbon atoms in the molecule, carboxylic acids, and C26-ketone (in the aerobic zone of fuscum peat deposit), C25- ketone and alkanes of isoprenoid structure (in the Sphagnum hollow peat). Simultaneously it was observed the relative reduction of content of palmitic acid

and isoprenoid alkanes (in the anaerobic zone of fuscum-peat), some alkanes with an odd number of carbon atoms in the molecule, C29-ketone (in Sphagnum hollow peat at both depths) and C27-ketone (at a depth of 25-30 cm in hollow). These results indicate various ways of organic mass transforming during decomposition in elevated (pine-shrub-Sphagnum bogs, ryams, ridges) and low (grass-Sphagnum lawns, hollows) mire ecosystems.

Key words: raised bog, groups of peat organic compounds, gas chromatography-mass spectrometry, peat decomposition, Western Siberia

How to cite: 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. 1(1): 6-15. (in Russian with English abstract).

REFERENCES

1. Golovchenko A.V., Sannikova Yu.V., Dobrovol'skaya T.G., Zvyagintsev D.G. The saprotrophic bacterial complex in the raised peat bogs of Western Siberia, *Microbiology (Mikrobiologiya)*, 2005, Vol. 74, No.4, p. 471-476.
2. Duchko M.A., Gulaya E.V., Serebrennikova O.V., Strel'nikova E.B., Preis Yu.I. Distribution of n-alkanes, steroids and triterpenoids in peat and plants of Tyemnoe mire, *Bull. of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, Vol. 323, No.1, p. 40-44. (In Russian)
3. Korzhov Yu.V., Koronatova N.G. The composition of hexane-chloroform extract of ombrotrophic peats of southern taiga of Western Siberia, *Chemistry of plant raw material*, 2013, No.3, p. 213-220. (In Russian)
4. Koronatova N.G. An investigation of the peat decomposition in mires using method of incubation of dry and wet samples, *Environmental dynamics and Global Climate Change*. 2010. - No.1. P. 65-71. (In Russian)
5. Koronatova N.G., Shibareva S.V. Change of peat mass during decomposition in mires of Poland and West Siberia, *Contemporary probl. of ecology*, 2010, Vol.3, No.3, p. 312-317.
6. Serebrennikova O.V., Svarovskaya L.I., Strel'nikova E.B., Russkikh I.V., Kadychagov P.B., Duchko M.A. Effect of biodegradation on the composition of peat organic compounds. In: *Problems of studying and using of peat resources in Siberia: Proceedings of III International scientific and practical conference (27 Sen. - 3 Oct. 2015, Tomsk)*. Ekaterinburg: Open Company Universal printing house "Alpha Print", 2015, p.163-166. (In Russian)
7. Serebrennikova O.V., Strel'nikova E.B., Duchko M.A., Averina N.G., Kozel N.V. The comparative analysis of bituminous compounds of two bog ecosystems lowland peat, *Fundamental res.* 2014a, No.12-1, p.112-117. (In Russian)
8. Serebrennikova O.V., Strel'nikova E.B., Preis Yu.I., Averina N.G., Kozel N.V., Bambalov N.N., Rakovich V.A. The composition of peat extracts from drained and natural raised bogs of Belarus and Western Siberia, *Bull. of the Tomsk Polytechnic University*, 2014b, Vol. 325, No.3, p 31-45. (In Russian)
9. Serebrennikova O.V., Strel'nikova E.B., Preis Yu.I., Duchko M.A. Influence of source and conditions of peat accumulation on composition of peat bitumen from two fen mires of Western Siberia, *Bull. of the Tomsk Polytechnic University*, 2014c, Vol. 325, No3, p. 80-91. (In Russian)
10. Serebrennikova O.V., Strel'nikova E.B., Preis Yu.I. The features of lipid structure in high and lowland peats in the south of Tomsk region, *Bull. of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, Vol. 322, No3, p. 77-82. (In Russian)
11. Dobrovol'skaya T.G., Golovchenko A.V., Kukharensko 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 Sci.*, 2012, Vol. 45, No 3, p.273-281.
12. Grover S.P.P., Baldock J.A. Carbon decomposition processes in a peat from the Australian Alps, *European J. of Soil Sci.*, 2010, Vol. 61, No1, p. 217-230.
13. Grover S.P.P., Baldock J.A. Carbon chemistry and mineralization of peat soils from the Australian Alps, *European J. of Soil Sci.*, 2012, Vol. 63, No2, p. 129-140.
14. Serebrennikova O.V., Preis Yu.I., Kadychagov P.B., Gulaya E.V. Hydrocarbon composition of the organic matter of peats in the south of Western Siberia, *Solid Fuel Chemistry*, 2010, Vol. 44, No.5, p. 40-50.
15. Strel'nikova E.B., Serebrennikova O.V., Preis Yu.I. Oxygen-containing organic compounds of the bituminous components of high-moor peat from the south of Western Siberia, *Solid Fuel Chemistry*, 2014, Vol. 48, No2, p. 85-91.

Received 03 March 2017;

Accepted 01 December 2017;

Published 10 January 2018

About the author:

Koronatova Natalia G. - scientific researcher, PhD in Biology, Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of RAS, Laboratory of Biogeocenology, Novosibirsk city, Russia, coronat@mail.ru

The author read and approved the final manuscript



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