

УДК 502.2.08

ОСОБЕННОСТИ ГРУППОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ТОРФА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Чибисова В.Г.

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова» УрО РАН, Архангельск, e-mail: leratatarintseva@gmail.com

Архангельская область относится к одним из наиболее богатых торфяными ресурсами регионов Северо-Запада РФ. Кроме того, регион частично входит в Арктическую зону России, которая на государственном уровне напрямую связана с планами интенсивного освоения Северных территорий страны. Вместе с тем торф – уникальный возобновляемый природный ресурс, который может быть использован во многих отраслях народного хозяйства. Цель работы заключается в анализе особенностей группового химического состава органической части торфа, сформированного в различных районах Архангельской области (в пределах Арктической зоны РФ) под действием различных природных условий. В качестве объектов исследования были выбраны 3 болота на территории Архангельской области: Иласское болото в Приморском районе, болото Большой Мох в Онежском районе и Трофимовское болото в Мезенском районе. Из торфа были выделены и количественно определены такие группы веществ, как водорастворимые вещества, битумы, гуминовые и фульвовые кислоты, легко- и трудногидролизуемые вещества, а также лигнин. Проведенные исследования показали, что торф, сформированный в различных районах Архангельской области, различается по содержанию практически всех групп веществ, что проявляется как по глубине залегания торфа на конкретном болоте, так и в зависимости от условий формирования, что свидетельствует о влиянии природных условий на химический состав торфа. При этом наибольшие отличия характерны для болота Большой Мох в Онежском районе области. Достоверность различий подтверждена статистически с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса.

Ключевые слова: торф, групповой химический состав, рациональное природопользование, Архангельская область, Арктическая зона РФ

FEATURES OF THE GROUP CHEMICAL COMPOSITION OF THE ORGANIC PART OF PEAT IN THE ARKHANGELSK REGION

Chibisova V.G.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, Arkhangelsk, e-mail: leratatarintseva@gmail.com

The Arkhangelsk region is one of the North-West of the Russian Federation regions with the richest peat resources. In addition, the region is partly included in the Arctic zone of Russia, which at the state level is directly connected with plans for the intensive development of the country's northern territories. At the same time, peat is a unique renewable natural resource that can be used in many sectors of the national economy. The purpose of the work is to analyze the features of the group chemical composition of the organic part of peat formed in various regions of the Arkhangelsk region (within the Arctic zone of the Russian Federation) under the influence of various natural conditions. Three bogs on the territory of the Arkhangelsk region were chosen as objects of study – the Ilasskoe in the Primorsky district, the Bolshoy Mokh in the Onega district and the Trofimovskoe in the Mezensky district. Water-soluble substances, bitumen, humic and fulvic acids, easily and hardly hydrolysable substances, and lignin were isolated and quantified from peat. The studies have shown that peat formed in different areas of the Arkhangelsk region differs in the content of almost all groups of substances, which manifests itself both in the depth of peat occurrence in a particular bog and depending on the conditions of formation, which indicates the influence of natural conditions on the peat chemical composition. At the same time, the greatest differences are typical for the Bolshoi Mokh bog in the Onega district. The significance of differences was statistically confirmed using the nonparametric Kruskal-Wallis test.

Keywords: peat, group chemical composition, Arkhangelsk region, rational nature management, Arctic zone of Russia

На территории России находится свыше 40% мировых запасов торфа, а Архангельская область относится к одним из наиболее богатых торфяными ресурсами регионов Северо-Запада РФ [1]. Кроме того, территория Архангельской области частично входит в Арктическую зону России [2], которая на государственном уровне напрямую связана с планами интенсивного освоения Северных территорий страны. Вместе с тем торф – уникальный возобновляемый природный ресурс, который может быть использован не только в таких широ-

ко распространенных направлениях, как сельское хозяйство и энергетика, но и как источник ценных биологически активных соединений [3].

Известно, что процесс торфообразования зависит от комплекса природных факторов: климата, строения земной коры, почвенных условий, рельефа и характера растительности. При этом разные природные условия приводят к образованию торфа с различными свойствами, которые могут быть целенаправленно использованы в определенных отраслях народного хозяй-

ства [4]. Таким образом, изучение химического состава торфа Архангельской области позволит оценить особенности торфяного сырья региона и предложить возможные варианты переработки торфа с учетом требований рационального природопользования.

Цель исследования: анализ особенностей группового химического состава органической части торфа, сформированного в различных районах Архангельской области (в пределах Арктической зоны РФ).

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны три торфяных болота, расположенные в различных районах Архангельской области в пределах Арктической зоны РФ: Иласское болото в Приморском районе, болото Большой Мох в Онежском районе и Трофимовское болото в Мезенском районе (рисунок). Выбор объектов исследования обусловлен различиями в климатических характеристиках (средние годовые температуры, количество осадков, преобладающие направления ветров), геологических условиях (наличие водонепроницаемых пород), особенностях рельефа и характере расти-

тельности. Например, анализ климатических характеристик показал, что на исследуемых территориях с востока на запад происходит снижение среднемноголетних температур и увеличение количества выпадающих осадков. Также в исследуемых районах отличаются направления ветров и их скорость. Подробные описания объектов исследования и их характеристик приведены в [5].

Отбор проб торфа проводили в летние полевые сезоны 2019-2022 гг. методом послойного бурения торфяным буром Р 04.09 (EIJKELKAMP, Нидерланды). Подготовка торфа к дальнейшим анализам включала в себя сушку до воздушно-сухого состояния, а затем фракционирование на сите с диаметром ячеек 2 мм. Для отбора проб выбирали типичные для каждого болота элементы микрорельефа, расположенные ближе к центру болотной фации. На каждом болоте в соответствии с [6] было отобрано по 3 колонки торфа, каждую из которых визуально разделяли на однородные слои (торф одинакового цвета, структуры и консистенции составляет один слой). Анализ проводили для каждого слоя отдельно, полученные данные усредняли математически.



Объекты исследования в пределах Архангельской области:

- 1 – болото Большой Мох (Онежский район);*
- 2 – Иласское болото (Приморский район);*
- 3 – Трофимовское болото (Мезенский район)*

Определение группового химического состава проводили по аттестованной методике [7], основанной на последовательном выделении из торфа отдельных групп веществ экстракцией различными растворителями и их количественном определении гравиметрическим методом. Подробное описание методики приведено в работе [8]. Определение влажности и зольности торфа проводили по стандартным методикам. Влажность – путем высушивания навески торфа в сушильном шкафу при температуре 105 ± 5 °С до постоянной массы, а зольность – при прокаливании навески торфа в муфельной печи при температуре 800 °С. Статистическую обработку полученных результатов проводили средствами Microsoft Excel и Statistica 13.5. Для подтверждения достоверности различий в групповом химическом составе торфа трех болот рассчитывали критерий Краскела-Уоллеса – непараметрический тест, который является аналогом однофакторного дисперсионного анализа для независимых выборок и служит для определения достоверности различий между несколькими выборками. Различия считаются достоверными, если значение уровня значимости критерия не превышает принятого порога 0,05 [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследуемые торфяные болота относятся к верховому типу. На территории Иласского и Трофимовского болот верховой торф располагается по всей глубине залежи и имеет достаточно однородный ботанический состав, сложенный в основ-

ном из сфагновых мхов с различными примесями. В Онежском районе верхние слои залежи сложены верховым сфагновым торфом с низкой степенью разложения, а нижние – переходным торфом с заметным присутствием осоковых и древесных остатков. При этом наблюдаются характерные для переходного торфа черты: увеличение степени разложения (до 50%), зольности (более 20%) и значений pH [5].

Торф каждого из трех болот имеет примерно одинаковую естественную влажность, которая несколько снижается с глубиной. В верхних горизонтах влажность изменяется в пределах 90-93%, а в нижних – 85-89%. Средние значения зольности в верхней части залежи для всех площадок примерно равны 1%. Для Трофимовского болота зольность торфа практически не меняется и составляет 1,1-1,2% по всей глубине залежи. На Иласском болоте, по сравнению с верхним слоем залежи (0,9%), содержание золы увеличивается примерно в 2 раза на глубине около 3 м (1,8%). В торфе, отобранном на болоте Большой Мох, происходит значительное увеличение зольности по всему торфяному профилю от 1,1% в верхнем слое до 21,9% на глубине 3 м.

Из торфа были выделены и количественно определены такие группы веществ, как водорастворимые (ВРВ) вещества, битумы (Б), гуминовые (ГК) и фульвовые кислоты (ФК), легко- и трудногидролизуемые вещества (ЛГВ и ТГВ), а также лигнин (Л) – негидролизуемый остаток. Средние (арифметические) значения содержания этих групп веществ в% на абсолютно сухую массу торфа со среднеквадратичным отклонением приведены в таблице 1.

Таблица 1

Групповой химический состав органической части торфа

Глубина, см	ВРВ, %	Б, %	ГК, %	ФК, %	ЛГВ, %	ТГВ, %	Л, %
Болото Большой Мох (Онежский район)							
0-110	1,2 ± 0,1	2,3 ± 0,4	11,4 ± 0,2	6,3 ± 0,5	50,3 ± 1,3	11,8 ± 0,8	17,9 ± 0,7
110-180	1,1 ± 0,1	7,9 ± 1,8	30,0 ± 2,1	3,3 ± 0,3	19,6 ± 1,8	3,9 ± 0,1	35,3 ± 1,6
180-300	1,1 ± 0,1	3,3 ± 1,2	27,7 ± 2,2	3,5 ± 0,3	23,8 ± 3,3	3,7 ± 0,6	38,0 ± 3,3
Трофимовское болото (Мезенский район)							
0-100	1,4 ± 0,1	2,5 ± 0,2	14,5 ± 1,0	5,5 ± 0,3	48,4 ± 1,1	10,5 ± 1,8	18,6 ± 1,3
100-150	2,0 ± 0,3	4,4 ± 0,5	24,6 ± 1,0	3,3 ± 0,8	37,1 ± 1,1	8,5 ± 0,7	22,1 ± 0,5
Иласское болото (Приморский район)							
0-270	1,9 ± 0,3	4,5 ± 0,8	13,2 ± 1,8	5,7 ± 0,7	45,5 ± 3,3	12,8 ± 0,3	18,2 ± 0,6
270-350	0,9 ± 0,2	6,1 ± 0,2	22,4 ± 0,9	6,2 ± 0,3	27,0 ± 2,6	8,6 ± 1,2	29,8 ± 1,3

Таблица 2

Значения критерия Краскела-Уоллеса

Группа веществ	Значение критерия при уровне значимости 0,05
Верхние горизонты (0-110, 0-100, 0-260 см)	
Битумы	0,0033
Гуминовые кислоты	0,0338
Легкогидролизуемые вещества	0,1034
Лигнин	0,6449
Нижние горизонты (180-300, 100-150, 260-350 см)	
Битумы	0,0023
Гуминовые кислоты	0,0013
Легкогидролизуемые вещества	0,0015
Лигнин	0,0005

ВРВ (в нашем случае это вещества, растворимые в горячей воде) состоят в основном из низкомолекулярных соединений фенольной природы и полисахаридов. Доля этих соединений в торфе, особенно верховом, как правило, невелика. Количество ВРВ в торфе незначительно отличается для трех болот и в среднем варьируется в пределах от 0,9 до 2%. Содержание этой группы веществ не меняется по глубине залежи на болоте Большой Мох, снижается на Иласском болоте, а на Трофимовском болоте – возрастает.

Значительные различия отмечаются в содержании битумной (липидной) части торфа. Битумы представляют собой вещества, извлекаемые органическими растворителями (спиртом, эфиром, бензином, ацетоном и пр.). С химической точки зрения в состав битумов входят сложные эфиры (жиры и растительные масла), смеси высокомолекулярных одноатомных спиртов (воски) и высокомолекулярных кислот и эфиров этих спиртов. Содержание битумов варьируется в пределах от 2,3 до 7,9% в торфе Онежского района, от 2,5 до 4,4% в торфе Мезенского района и от 4,5 до 6,1% в торфе Приморского района. Причем для Иласского и Трофимовского болот с увеличением глубины залегания увеличивается содержания битумов. В торфе болота Большой Мох содержания битумов достигает максимума (7,9%) в горизонте 110-180 см, а затем вновь снижается.

Гуминовые вещества – специфические соединения, которые образуются в процессе торфообразования. Они обладают способностью растворяться в щелочи и осаждаться кислотами. Обычно увеличение в торфе гуминовых веществ сопровождается сниже-

нием ЛГВ и ТГВ. Поскольку формирование торфа – это длительный процесс с постоянно изменяющимися условиями окружающей среды, содержание ГК и ФК значительно изменяется с глубиной залегания торфа. Наибольшее количество ГК отмечается в торфе Онежского района – 30%. По глубине залегания торфа содержание этой группы веществ находится в пределах 11,4-30,0% для болота Большой Мох, 14,5-24,6% для Трофимовского болота и 13,2-22,4% для Иласского болота. ФК, в отличие от ГК, неравномерно распределены по глубине торфяной залежи трех болот. Снижение содержания ФК с глубиной происходит в торфе Онежского и Мезенского районов, а в торфе Приморского района – наоборот. По показателю глубины гумификации ($C_{ГК}:C_{ФК}$) все исследуемые торфы, кроме самого верхнего горизонта торфа Онежского района, относятся к гуматному типу – $C_{ГК}:C_{ФК} > 2$. Горизонт торфа 0-110 см болота Большой Мох относится к фульватно-гуматному типу – $C_{ГК}:C_{ФК} = 1,8$ [10].

К легкогидролизуемым соединениям относятся вещества, растворимые в воде только после гидролиза слабыми кислотами: пентозы, гексозы, уроновые кислоты, азотсодержащие вещества белковой природы. К трудногидролизуемым веществам относят целлюлозу, которая подвергается гидролизу под действием концентрированных кислот. Доля ЛГВ и ТГВ в целом снижается в торфе каждого болота с увеличением глубины залегания, что свидетельствует о протекании гумификации растительных остатков и образовании гуминовых веществ за счет распада биодоступных соединений. Количество ЛГВ в торфе Онеж-

ского района варьируется от 19,6 до 50,3%, от 37,1 до 48,4% – в торфе Мезенского района и от 27,0 до 45,5% – в торфе Приморского района. Закономерно, снижение доли ЛГВ и ТГВ в торфе с глубиной приводит к увеличению негидролизующего остатка (лигнина). Причем в данном случае отличий по содержанию лигнина в торфе трех болот не отмечается.

Таким образом, при сравнении средних значений содержания групп веществ было выявлено, что химический состав органической части торфа исследуемых болот различается (в том числе и с глубиной залегания торфа) по содержанию практически всех компонентов. Для подтверждения достоверности этих различий был применен непараметрический критерий Краскела-Уоллеса (табл. 2).

Результаты расчета показали, что значение критерия не превышает уровня значимости 0,05 для гуминовых кислот и битумов верхних горизонтов торфа, а для нижних горизонтов – для всех проанализированных групп веществ (битумы, гуминовые кислоты, легкогидролизующие вещества, лигнин). Это свидетельствует о существовании статистически значимых отличий в содержании этих компонентов [9].

Таким образом, проведенные исследования показали, что торф, сформированный в различных районах Архангельской области, различается по химическому составу органической части. При этом в ранее проведенных исследованиях было отмечено, что верховой торф Приморского и Мезенского районов отличается однородностью ботанического состава и низкой степенью разложения, в то время как торф Онежского района представлен как верховым сфагновым торфом, обладающим такими же свойствами, так и переходным торфом средней и высокой степени разложения [5]. В данной работе были выявлены также отличия в содержании таких важных компонентов, как битумы и гуминовые кислоты – наибольшее количество этих групп веществ выявлено в торфе Онежского района.

Вместе с тем известно, что верховой сфагновый торф обладает высокой степенью пористости, влагоудерживающей и поглощательной способностью. Это позволяет рассматривать его как перспективный ресурс для получения сорбентов различного назначения [11-13]. Помимо сорбентов, специфические свойства торфа востребованы при культивировании овощных и цветочных культур, при этом полезны

не только его поглощательные способности, но и антисептические свойства [14]. Переходный торф наиболее выгодно применять в сельском хозяйстве, так как он обладает меньшей кислотностью, содержит большее количество питательных элементов и, соответственно, требует меньших затрат на его улучшение (известкование, насыщение минеральными компонентами). Повышенное содержание битумов и гуминовых кислот делает переходный торф более выгодным ресурсом для целенаправленного выделения этих компонентов.

Заключение

В работе проанализирован групповой химический состав органической части торфа болот, сформированных в различных районах Архангельской области. Из торфа были выделены и количественно определены такие компоненты, как водорастворимые вещества, битумы, гуминовые и фульвовые кислоты, легко- и трудногидролизующие вещества, лигнин. Статистическая обработка полученных результатов показала, что существуют достоверные отличия в содержании практически всех групп веществ, что свидетельствует о влиянии природных условий на свойства торфа. При этом наибольшие отличия характерны для болота Большой Мох в Онежском районе области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90037 «Влияние геоэкологических факторов на свойства торфяных отложений Архангельской области (в пределах Арктической зоны)».

Список литературы

1. Михайлов А.В., Иванов С.Л., Большунов А.В., Кремеев Э.А. Торфяные ресурсы Северо-Западного федерального округа России и перспективы их освоения // Записки горного института. 2013. Т. 200. С. 226-230.
2. Указ президента Российской Федерации от 02.04.2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102349446> (дата обращения: 03.11.2022).
3. Селянина С.Б., Татаринцева В.Г., Серебренникова О.В., Зубов И.Н., Орлов А.С. Влияние растворителя на выход и состав торфяных битумов // Успехи современного естествознания. 2019. № 5. С. 83-88.
4. Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Соколова Т.В., Пехтерева В.С., Орлов А.С., Селянина С.Б., Труфанова М.В., Пономарева Т.И., Ярыгина О.Н., Зубов И.Н. Геоклиматические условия как фактор влияния на формирование органической части верхового торфа // Природопользование и экологические риски: материалы научно-практической конференции (г. Минск, 5 июня 2019 г.). Минск: БГТУ, 2019. С. 279-284.
5. Татаринцева В.Г., Котова Е.И., Орлов А.С., Пономарева Т.И., Селянина С.Б., Дайбова Е.Б. Металлы и As в торфе верховых болот Архангельской области // Успехи современного естествознания. 2022. № 6. С. 60-65.

6. Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР / под. ред. Н.Т. Короля, В.Д. Макарова, А.В. Предтеченского, А.А. Синадского, Н.А. Стеклова. Министерство геологии СССР. Москва, 1983. 96 с.
7. Методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом № 88-16365-009-2017. Свидетельство об аттестации выдано 06.12.2017. Номер государственной регистрации «ФР.1.31.2018.29621» / С.Б. Селянина, Т.И. Пономарева, А.С. Орлов, О.Н. Ярыгина, М.В. Труфанова. 20 с.
8. Ярыгина О.Н., Пономарева Т.И., Труфанова М.В., Селянина С.Б., Парфенова Л.Н., Хвиюзов С.С., Томсон А.Э., Соколова Т.В., Стригуцкий В.П., Пехтерева В.С. К вопросу о содержании групповых составляющих торфа в зависимости от применяемых схем их выделения // Природопользование. 2015. Вып. 28. С. 90-95.
9. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: учебное пособие. СПб: Из-во Политехнического университета, 2016. 125 с.
10. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
11. Бобошин А.Н. Сорбент торфяной и способ его получения // Патент РФ № 2560366. Патентообладатель ОАО «Соколагрохимия». 2015. 7 с.
12. Томсон А.Э., Соколова Т.В., Навоша Ю.Ю., Сосновская Н.Е., Пехтерева В.С., Зюзин Б.Ф. Сорбенты на основе торфа как компонент подстилки при напольном содержании цыплят-бройлеров // Труды Инсторфа. 2019. № 19 (72). С. 45-48.
13. Томсон А.Э., Соколова Т.В., Сосновская Н.Е., Навоша Ю.Ю., Царюк Т.Я., Пехтерева В.С., Фалюшина И.П., Царенок А.А. Энтеросорбционная ферроцинсодержащая кормовая добавка на основе торфа // Природопользование. 2020. № 2. С. 125-131.
14. Красинская Т.А., Кухарчик Н.В. Основные характеристики субстратов, применяемых в сельском хозяйстве // Плодоводство. 2011. Т. 23. С. 402-419.