

## БИОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК [631.417.7+662.73](470.11)

DOI: 10.26456/vtchem2023.4.14

### ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ ТОРФА ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ПРИМОРСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Зубова<sup>1</sup>, Л.В. Майер<sup>1</sup>, Т.А. Корельская<sup>1</sup>, Е.А. Журавлева<sup>1</sup>,  
Е.А. Айвазова<sup>1</sup>, Л.В. Бровкова<sup>1</sup>, А.В. Белесов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет»  
Минздрава России, г. Архангельск

<sup>2</sup>ЦКП «Северный арктический федеральный университет», г. Архангельск

В работе проведен анализ почвенных горизонтов торфа верховых болот Приморского района Архангельской области. Дана оценка содержания гуминовых кислот (ГК) в различных почвенных горизонтах. Подтверждена эффективность применения модифицированной методики выделения гуминовых кислот. В выделенных препаратах гуминового комплекса определен элементный состав и содержание органического углерода.

**Ключевые слова:** торф, гуминовые кислоты, почвенные горизонты, болотные верховые почвы, органический углерод.

Среди экосистем Архангельской области болотные сообщества занимают второе место (14% от ее территории), уступая по площади лишь лесам. Площадь болот Архангельской области составляет около 82 тыс. км. кв.[1]. Болота богаты залежами торфа — хорошим топливом и прекрасным органическим удобрением. Они занимают около 6% поверхности земной суши и встречаются повсюду - от тундры до тропиков [2].

Торф как ценное природное сырье используется для получения гуминовых кислот (ГК), которые используются в сельском хозяйстве, в производстве стройматериалов, в химической промышленности, а также для получения лекарственных препаратов [3].

ГК являются биологически активными веществами и обладают рядом ценных свойств: антибактериальностью, способностью сорбировать различные вещества, восстанавливать ряд соединений, оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений, оказывают противовоспалительное и антиоксидантное действие [4].

*Цель данной работы* заключается в изучение и оценке содержания ГК, выделенных из различных почвенных горизонтов торфа верховых

болот Архангельской области по модифицированной методике и сравнения их между собой.

### **Материалы и методы исследования**

В работе проведены исследования содержания гуминовых веществ верхового торфа (ВТ), отобранного на разных почвенных профилях.

Все образцы отобраны на территории Приморского района Архангельской области. Образцы торфа высушивались до воздушно-сухого состояния.

Гуминовые кислоты выделяли из торфа с использованием модифицированной методики [5,6,7,8] путем щелочной экстракции с последующим осаждением раствором серной кислоты до рН 2. В качестве реагентов для экстракции использовались растворы: 0,1N раствор гидроксида натрия (4%) и 1% раствор гидроксида натрия.

Образцы торфа были отобраны из различных почвенных горизонтов торфа (табл. 1) верхового болота на территории Приморского района Архангельской области в северной подзоне тайги. Торфяная залежь сложена в основном сфагновыми мхами древесины сосны в нижних горизонтах. Для данного типа болота характерно сосново-багульниково-сфагновое сообщество.

Почвенный профиль выполнили в летний полевой сезон 2022 г. вручную штыковой лопатой до уровня грунтовых вод. Непосредственно на месте были выделены и описаны почвенные горизонты. Данная территория находится в отдалении от промышленных объектов и автотранспортных магистралей.

Самым верхним является маломощный (до 20 см) слой лесной подстилки - горизонт  $A_0$ , который представляет собой древесно-кустарниковый опад лесной растительности, в основном это мох и кустарнички, в разной степени разложения. Растительные остатки не разложившиеся или только слабо разложившиеся и почти полностью сохранившие свою исходную форму.

Ниже слоя лесной подстилки располагается гумусовый горизонт  $A_1$  (20-40 см) - поверхностный, гумусо-аккумулятивный горизонт с содержанием органического вещества до 15% по массе. Это слаборазложившийся торф (степень разложения <25 %). Торфяная масса не продавливается между пальцами. Поверхность сжатого торфа шероховатая от остатков растений, которые различимы.

Далее располагается **горизонт  $A_2$** , наиболее темный горизонт в почвенном профиле, мощностью от 40 до 120 см. Это полностью разложившийся торф темно-коричневого цвета. Он продавливается между пальцами в виде грязеподобной черной массы. Растительные остатки совершенно неразличимы.

После горизонта  $A_2$  следует **горизонт  $A_3$**  ( $>120$  см). Это грубая фракция с включениями и корешками. Торфяная масса не продавливается между пальцами. Поверхность сжатого торфа шероховатая от остатков растений, которые различимы.

Определение влажности торфа проводили по ГОСТ 28268-69 по разнице между воздушно-сухой и абсолютно сухой массой навески образца. Определение зольности торфа и выделенных ГК проводили по ГОСТ 27784-88 по разнице между массой навески до и после сжигания.

Элементный состав выделенных фракций ГК определяли с использованием элементного (CHNS) анализатора EuroEA-3000 (EuroVector, Italo) на оборудовании Центра коллективного пользования НО «Арктика» (Северный Арктический Федеральный Университет) (табл. 2).

Определение органического углерода проводили методом высокотемпературного каталитического сжигания на анализаторе общего органического углерода TOC – L (Shimadzu, Япония), при этом общий органический углерод (TOC) определяется как разность между общим и неорганическим углеродом (табл. 3). Принцип определения общего углерода основан (TC) основан на прямом сжигании пробы в специализированной трубке сжигания TC, заполненной катализатором окисления и нагретой до  $680$  °C. В процессе сжигания пробы весь углерод превращается в углекислый газ, определение которого происходит с помощью бездисперсионного инфракрасного детектора (NDIR). Метод определения неорганического углерода основан на измерении содержания двуокиси углерода, выделяющейся в газовую фазу при реакции кислоты с карбонатами и гидрокарбонатами, общий объем газообразной двуокиси углерода измеряется тем же NDIR – детектором.

Содержание органического углерода определяли также по методу И.В.Тюрина [8], основанному на окислении углерода гумусовых веществ до  $CO_2$   $0,4$  н. раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте, разведенном в дистиллированной воде в объемном соотношении 1:1 при нагревании на кипящей водяной бане. По количеству хромовой смеси, пошедшей на окисление органического вещества, определяют его содержание в почве (табл. 5,6).

### **Экспериментальная часть**

Влажность торфа, предварительно высушенного до воздушно-сухого состояния составила 11%, зольность - 7%. Выход гуминовых веществ, выделенных из образцов верхового торфа Приморского района Архангельской области составил в среднем 14,0 %.

Таблица 1

Выход ГК из почвенных горизонтов торфа верховых болот  
Приморского района г. Архангельска

Почвенные горизонты торфа	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
Средний выход ГК, %	15,50	24,71	25,5	19,6

Таблица 2

Элементный состав гуминовых кислот, выделенных из различных почвенных горизонтов

Почвенные горизонты торфа	Содержание элементов к беззольной ГК, %			Отношение	
	C	H	N	H/C	N/C
A <sub>0</sub>	44,80	7,00	менее 0,1	0,156	0,0022
A <sub>1</sub>	46,00	5,10	менее 0,1	0,111	0,0021
A <sub>2</sub>	55,30	6,60	менее 0,1	0,119	0,0018
A <sub>3</sub>	47,60	5,50	менее 0,1	0,116	0,0021

Таблица 3

Содержание органического углерода (М) (метод каталитического сжигания)

Образец	Навеска, мг	Общий органический углерод, мг	Общий органический углерод, %	Общий углерод, мг	Общий углерод, %	Неорганич. Углерод, мг	Неорганич. Углерод, %
Гуминовые кислоты	6,40	2,64±0,16	41,17	2,85 ±0,23	44,53	0,22 ±0,02	3,36

Таблица 4

Элементный состав гуминовых кислот, выделенных по различным методикам

Методика	Содержание элементов к беззольной ГК, %			Атомные соотношения	
	N	C	H	H/C	N/C
Методика Кононовой-Бельчиковой	8,6	37,2	7,0	0,1881	0,2312

Модифицированная методика с нагреванием (1)	2,9	44,2	6,2	0,1403	0,0656
Модифицированная методика без нагревания (2)	4,1	38,4	4,6	0,1198	0,1068

Таблица 5  
Содержание органического углерода в образцах торфа и ГК по методу И.В.Тюрина

	Торф			Тград	Т <sub>20</sub>	Тпов
	Тград	Т <sub>20</sub>	Тпов			
Углерод, %	32,12	28,49	28,49	32,12	26,88	32,12

Тград – торф, полученный смешиванием разных уровней;  
Т<sub>20</sub> – торф, отобранный на глубине 0,2 м;  
Тпов – торф, отобранный с поверхности.

Таблица 6  
Содержание органического углерода в образцах торфа различных почвенных горизонтов по методу И.В.Тюрина

Почвенные горизонты торфа	Содержание органического углерода, %	
	Глубина отбора профиля	C
A <sub>0</sub>	до 20 см	9,3
A <sub>1</sub>	20-40 см	10,9
A <sub>2</sub>	40 -120 см	59,0
A <sub>3</sub>	> 120 см	32,2

### Результаты и их обсуждение

Выход гуминовых кислот, выделенных из образцов верхового торфа Приморского района г. Архангельска в разных почвенных горизонтах представлен в таблице 1.

Выполняли 10 повторностей в диапазоне от 15,50 до 25,5%, что согласуется с литературными данными [3], в соответствии с которыми выходы ГК обычно составляют 2-20%. Анализ результатов, показал, что наиболее полное извлечение ГК происходит почвенных горизонтах A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub>, что соответствует описанию этих горизонтов.

Процесс формирования болотных почв происходит в условиях чрезвычайно низкого содержания оснований как в питающих болота атмосферных водах, так и в составе опада олиготрофной растительности.

Поэтому в результате образуется торф с низкой зольностью, торфонакопление происходит в условиях сильнокислой реакции среды. В свою очередь, кислая реакция и низкое содержание элементов питания резко снижают биологическую активность, подавляют деятельность микроорганизмов, что приводит к формированию торфа с низкой степенью разложения.

Анализируя данные элементного состава (табл.2), следует отметить высокое содержание углерода в ГК почвенного горизонта А<sub>2</sub> (55,3 %) по сравнению с другими горизонтами: А<sub>0</sub>, А<sub>1</sub>, А<sub>3</sub> (47,6...44,8 %). Полученные результаты показывают, что наибольшим развитием алифатических структур, согласно данным соотношения Н/С, отличаются ГК почвенного горизонта А<sub>0</sub>.

### Список литературы

1. <https://obrazovanie-gid.ru/dokumentaciya/bolota-arhangelskoj-oblasti-kratko.html>
2. Мильков Ф.Н. Общее землеведение. Учеб. пособие для студентов ВУЗов. - М.: Высшая школа, 1990. - 336 с.
3. Исследование химических и токсических свойств гуминовых кислот низинного древесно-гравяного торфа Томской области / М.В.Белоусов [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. 2009. №4 (2). С. 27-33.
4. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Соровский образовательный журнал. 1997. №2. С. 56-63.
5. Патент РФ № 2 429 214 С1. Дудкин Д.В., Толстяк А.С., Фахретдинова Г.Ф. Способ получения гуминовых кислот и гуматов из торфа/ Д.В. Дудкин; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Югорский государственный университет». Начало действия: 2010.05.06.
6. Выделение гуминовых кислот из верхового торфа Приморского района Архангельской области / Т. А. Корельская, Л. В. Майер, Е. А. Журавлева [и др.] // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2021. – № 3(45). – С. 167-174. – DOI 10.26456/vtcem2021.3.18. – EDN ZVENHWK.
7. Выбор оптимального метода выделения гуминовых кислот / Т.А. Корельская, Л. В. Майер, Е. А. Журавлева [и др.] // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – 2022. – № 1(47). – С. 37-39. – EDN UTCKNM.
8. Рационализаторское предложение № 3/21 - Т. 28.12.2012.г. Е.А. Айвазова, Т.А. Корельская, Е.А. Журавлева Л.В. Майер, Н.А. Онохина, Н.А.Зубова. Методика выделения гуминовых кислот из торфа/Северный Государственный Медицинский Университет.
9. Физика и химия торфа / Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Лиштван И.И., Терентьева А.А. М: Недра, 1989. 304 с.
- 10.ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества Soils. Methods for determination of organic matter.
- 11.Методы анализа органического вещества почв. /Руководство к лабораторным работам. - Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького», С.107.

*Об авторах:*

ЗУБОВА Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент кафедры общей и биорганической химии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, e-mail: nataliya.matonina@yandex.ru.

МАЙЕР Людмила Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры общей и биорганической химии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, e-mail: mayer58@mail.ru.

КОРЕЛЬСКАЯ Татьяна Александровна – кандидат химических наук, доцент кафедры общей и биорганической химии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, e-mail: takorelskaya@yandex.ru

ЖУРАВЛЕВА Екатерина Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и биорганической химии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, e-mail: zhuravleva.ek20@yandex.ru

АЙВАЗОВА Елена Анатольевна – кандидат биологических наук, заведующий кафедры общей и биорганической химии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, e-mail: aivazowa@yandex.ru

БРОВКОВА Лариса Викторовна – заведующая лабораторией кафедры общей и биорганической химии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, e-mail: BrovkovaLW@mail.ru

БЕЛЕСОВ Артем Вадимович – доцент, ЦКП «Северный арктический федеральный университет», г. Архангельск, e-mail: a.belesov@narfu.ru

### **HUMIC ACIDS OF SOIL HORIZONS OF PEAT OF THE UPPER MARSHES OF THE PRIMORSKY DISTRICT OF THE ARKHANGELSK REGION**

**N.A. Zubova<sup>1</sup>, L.V. Mayer<sup>1</sup>, T.A. Korelskaya<sup>1</sup>, E.A. Zhuravleva<sup>1</sup>,  
E.A. Aivazova<sup>1</sup>, L.V. Brovkova<sup>1</sup>, A.V. Belesov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Northern State Medical University, Arkhangelsk*  
<sup>2</sup>*CCP Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk*

The paper analyzes the soil horizons of peat of the upper marshes of the Primorsky district of the Arkhangelsk region. The content of humic acids (HA) in various soil horizons is estimated. The effectiveness of the modified humic

acid extraction technique has been confirmed. The elemental composition and content of organic carbon were determined in the isolated preparations of the humic complex.

**Keywords:** *peat, humic acids, soil horizons, marsh top soils, elemental composition.*

Дата поступления в редакцию: 01.09.2023.

Дата принятия в печать: 25.09.2023.