

**Прилуцкая Наталья Сергеевна**

аспирант

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный

университет им. М.В. Ломоносова»

г. Архангельск, Архангельская область

**Корельская Татьяна Александровна**

канд. хим. наук, доцент

ГБОУ ВПО «Северный государственный

медицинский университет»

г. Архангельск, Архангельская область

**Леонтьева Валентина Андреевна**

магистрант

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический)

федеральный университет им. М.В. Ломоносова»

г. Архангельск, Архангельская область

**Попова Людмила Федоровна**

д-р биол. наук, канд. хим. наук, доцент

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический)

федеральный университет им. М.В. Ломоносова»

г. Архангельск, Архангельская область

## **ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ АРКТИКИ ПО ИХ ЭЛЕМЕНТНОМУ АНАЛИЗУ**

*Аннотация:* в статье рассматривается структурно-функциональное строение гумусовых кислот арктических почв, исходя из их элементного состава. Из процентного содержания элементов рассчитаны атомные отношения  $H:C$ ,  $O:C$ , и  $N:C$ , определена степень окисленности и сделаны выводы о строении гумусовых кислот и их экопротекторной роли в отношении тяжелых металлов.

*Ключевые слова:* гумусовые кислоты, почвы Арктики, элементный анализ.

Органическое вещество является важной составной частью почвы и выполняет множество функций, связанных с устойчивым функционированием почвы в составе природных экосистем. В настоящее время ведется много исследований по изучению органической части почв различных регионов, но органическое вещество почв Арктики и субарктики, как и сами почвы, остаются малоизученными. Арктика и субарктика имеет уникальную окружающую среду и на формирование, как почв, так и органического вещества влияют мерзлотные (криогенные) процессы, такие как трещинообразование, вымораживание, прение [5]. При этом знание состава органического вещества почв Арктики поможет в исследовании его экопротекторной роли в отношении потенциальных загрязнителей чувствительной окружающей среды Арктики.

Элементный состав является одной из важнейших характеристик гумусовых кислот, позволяющий получить информацию о принципах строения гумусовых кислот, их свойствах и экопротекторной роли в отношении таких поллютантов, как тяжелые металлы (ТМ) за счет наличия кислородосодержащих функциональных групп, и выявить особенности процесса гумусообразования в почве.

Важными характеристиками строения гумусовых кислот, являются атомные отношения  $H:C$ ,  $O:C$ , и  $N:C$ . Чем меньше эти отношения, тем большую роль играют атомы углерода в построении молекулы кислоты, выше доля бензоидных фрагментов и ниже доли алифатических боковых цепей в молекулах гумусовых кислот. При этом по показателю  $H:C$  судят о разветвлении боковых цепей: чем выше данное отношение, тем сложнее строение и выше доля ароматических фрагментов. По показателю  $O:C$  судят о степени окисленности соединений: чем выше данное отношение, тем больше кислородсодержащих функциональных групп (гидроксильных, фенольных и/или карбоксильных) входит в состав гумусовых кислот. Показатель  $N:C$  говорит о роли азотсодержащих соединений в образовании гумусовых кислот [4].

В качестве объектов исследования были выбраны гумусовые кислоты, выделенные из арктических почв. Почвенные разрезы были заложены участниками комплексной научно-образовательной экспедиции «Арктический Плавучий

Университет-2013» на следующих территориях: п-ов Канин (мыс Канин Нос), о. Колгуев (п. Бугрино), о. Вайгач, архипелаг Земля Франца-Иосифа (о. Хейса.). Пробы почв отбирались в соответствии с ГОСТ 28168–89 [2].

Выделение гумусовых кислот из почв проводили по методу М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой [3].

Определение элементного состава гумусовых кислот было выполнено на элементном CHNS анализаторе EA-3000 в ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0004, соглашение №14.594.21.0004 от 15 августа 2014 года).

Для гумусовых кислот были определены атомные отношения H:C, O:C, N:C [4] и степень окисленности W. Степень окисленности рассчитывали по формуле:  $W = (2Q_O - Q_H)/Q_C$ , где,  $Q_O$  – число атомов кислорода;  $Q_H$  – число атомов водорода;  $Q_C$  – число грамм-атомов углерода.

При  $W=0$  соединения считаются с нулевой степенью окисления, при  $W>0$  – окисленными, при  $W < 0$  – восстановленными [1].

Анализ элементного состава гумусовых кислот показал (табл. 1) максимальное содержание углерода в гуминовых (ГК) и гиматомелоновых (ГМК) кислотах о. Колгуев (23,7% и 25,3%, соответственно). Это указывает на больший их размер по сравнению с фульвовыми кислотами (ФК) о. Колгуев и с гумусовыми кислотами почв других исследованных территорий. При этом ГК и ГМК о. Колгуев отличаются более низким содержанием кислорода и отсутствием атомов азота в их молекулах. Последнее может быть связано, по мнению Л.А. Александровой [1], с разложением растительных остатков, богатых белками.

Таблица 1

Элементный состав гумусовых кислот почв Арктики

Объекты исследования	Содержание химического элемента, %				
	C	H	N	S	O
<i>о. Колгуев</i>					
ГК	23,70	2,83	–	13,60	59,87
ФК	4,92	0,45	0,05	4,93	89,70

ГМК	25,30	3,12	–	14,50	57,08
<i>о. Вайгач</i>					
ГК	2,35	3,53	0,71	17,70	75,71
ФК	4,99	0,32	0,03	5,14	89,55
ГМК	4,32	2,91	0,88	20,30	71,59
<i>мыс Канин Нос</i>					
ГК	1,78	0,33	0,25	4,08	93,81
ФК	3,24	0,22	–	11,00	85,54
ГМК	10,1	2,73	0,59	10,20	76,97
<i>о. Хейса</i>					
ГК	0,95	0,34	0,28	10,50	88,21
ФК	3,49	0,39	0,001	9,64	86,48
ГМК	7,72	2,28	0,18	9,49	80,51

Исходя из процентного содержания элементов в исследованных гумусовых кислотах был произведен расчет атомных отношений Н:С, О:С, и N:С (табл. 2).

Таблица 2

#### Атомные отношения гумусовых кислот почв Арктики

Объекты исследования	Атомные доли				Атомные отношения		
	С	Н	N	О	Н:С	О:С	N:С
<i>о. Колгуев</i>							
ГК	0,23	0,33	–	0,44	1,43	1,91	–
ФК	0,41	0,45	0,004	5,61	1,10	13,70	0,01
ГМК	0,24	0,35	–	0,41	1,45	1,71	–
<i>о. Вайгач</i>							
ГК	0,02	0,41	0,006	0,56	20,50	28,00	0,30
ФК	0,42	0,31	0,002	5,60	0,75	13,47	0,01
ГМК	0,05	0,37	0,008	0,58	7,40	11,60	0,16
<i>мыс Канин Нос</i>							
ГК	0,15	0,33	0,018	5,86	2,22	39,56	0,12
ФК	0,27	0,22	–	5,35	0,82	19,84	–
ГМК	0,84	2,70	0,042	4,81	3,22	5,72	0,05
<i>о. Хейса</i>							
ГК	0,08	0,33	0,020	5,51	4,19	69,40	0,25
ФК	0,29	0,38	0,00007	5,40	1,32	18,59	0,00
ГМК	0,64	2,26	0,013	5,03	3,51	7,83	0,02

По показателю Н:С к насыщенным углеводородам, либо к углеводородам с незначительным количеством двойных связей можно отнести ГК и ГМК почв о. Вайгач, мыса Канин Нос и о. Хейса, так как для них характерно отношение

H:C более 2,0. Отношения H:C ГК и ГМК, выделенных из почв о. Колгуев и ФК о. Хейса, попадают в интервал 1,3 – 1,8, поэтому их углеродный скелет скорее всего похож на циклопарафиновый, а ФК, выделенных из почв о. Колгуев, мыса Канин Нос и о. Вайгач, имеющие отношения H:C меньше 1, можно отнести к ароматическим углеводородам.

В исследуемых препаратах наиболее высокое отношение O:C характерно для ГК почв о. Хейса, что указывает на высокое содержание кислородсодержащих групп и большой вклад периферической части в структуру данных кислот. Показатель N:C указывает на преобладание боковых алифатических цепочек в молекулах ГК почв о. Вайгач и ГК почв о. Хейса.

По степени окисленности (табл. 3) все исследованные кислоты относятся к окисленным соединениям, что может быть связано с контрастным окислительно-восстановительным режимом. При этом самыми высокими степенями окисленности характеризуются ГК почв мыса Канин Нос, ГК почв о. Хейса, ФК почв о. Вайгач и ФК о. Колгуев. Это может быть обусловлено большим содержанием кислородсодержащих групп в молекулах этих кислот, и, следовательно, большей способностью связывать тяжелые металлы и тем самым в большей степени проявлять свою экопротекторную способность.

Таблица 3

Степень окисленности гумусовых кислот почв Арктики

Объекты исследования	W
<i>о. Колгуев</i>	
ГК	+ 9,73
ФК	+ 14,91
ГМК	+ 9,24
<i>о. Вайгач</i>	
ГК	+ 12,31
ФК	+ 14,90
ГМК	+ 11,68
<i>мыс Канин Нос</i>	
ГК	+ 15,61
ФК	+ 14,24
ГМК	+ 12,60
<i>о. Хейса</i>	
ГК	+ 14,67
ФК	+ 14,38
ГМК	+ 13,23

Таким образом, анализ элементного состава гумусовых кислот исследованных почв Арктики позволил предположить, что максимальным барьерным механизмом по отношению к ТМ будут обладать ГК и ГМК почв о. Колгуева, высокая степень связывания ТМ ГК и ГМК почв о. Вайгач, мыса Канин Нос и о. Хейса. Это обусловлено тем, что ГК и ГМК почв о. Колгуева более ароматичны, следовательно, в меньшей степени будут вымываться в нижние горизонты и грунтовые воды, и тем самым будут более устойчивы в почве, по сравнению с теми кислотами, где преобладают боковые алифатические цепочки.

Также можно предположить, что ФК выделенные из исследованных почв имеют выраженный ароматический характер и, следовательно, будут обладать некоторой устойчивостью к вымыванию из почв.

### ***Список литературы***

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 287 с.
2. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб. – Введ.1990–04–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с.
3. Кононова М.М. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв / М.М. Кононова, Н.П. Бельчикова // Почвоведение. – 1961. – №10.
4. Орлов Д.С. Практикум по химии гумуса: Учеб. пособие / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М: Изд-во Моск. ун-та, 1981 – 272 с.
5. Основы почвоведения и географии почв / Под ред. д-ра биол. наук, С.П. Кулижского и д-ра геогр. наук, профессора А.Н. Рудого. – Томск: ТГУ – ТГПУ, 2004. – 374 с.