

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ЕВРОАРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ УФ/ВИДИМОЙ СПЕКТРОСКОПИИ****Н.С. Прилуцкая, Т.А. Корельская, Л.Ф. Попова**

Наталья Сергеевна Прилуцкая \*, Людмила Фёдоровна Попова

Кафедра химии и химической экологии, Высшая школа естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Российская Федерация, 163002

E-mail: n.priluckaya@narfu.ru \*, ludap9857@mail.ru, lf.popova@agtu.ru

Татьяна Александровна Корельская

Кафедра общей и биоорганической химии, Северный государственный медицинский университет, просп. Троицкий, 37, Архангельск, Российская Федерация, 163000

E-mail: takorelskaya@yandex.ru

*В статье проанализирован структурно-функциональный состав гумусовых кислот почв Евроарктического региона методом молекулярной абсорбционной (УФ/видимой) спектроскопии и дана оценка их экпротекторной роли по отношению к тяжелым металлам, что особенно важно для чувствительных к загрязнению почв Арктики, формирующихся под влиянием мерзлотных (криогенных) процессов. В качестве объекта исследования были выбраны разные типы почв Евроарктического региона: пелозем глееватый легкосуглинистый на среднесуглинистой морене (полуостров Канин, м. Канин Нос); перегнойно-торфяная олиготрофная почва (остров Колгуев, поселок Бугрино); глеезем типичный бескарбонатный среднесуглинистый (остров Вайгач); литозем серогумусовый иллювиальножелезистый песчаный (архипелаг Земля Франца-Иосифа, остров Хейса). Для исследования структурно-функционального состава смесь гумусовых кислот извлекали из почв щелочным раствором пирофосфата натрия. Гуминовые, фульвовые и гиматомелановые кислоты из смеси гумусовых кислот выделяли соответствующими растворителями с дополнительным извлечением фульвокислот методом адсорбционной хроматографии с применением в качестве сорбента активированного угля. Запись УФ/видимых спектров была выполнена на спектрофотометре UV mini-1240 фирмы Shimadzu с использованием 0,005% щелочных растворов (0,1 н NaOH) гумусовых кислот. Качественный анализ УФ/видимых спектров позволил сделать предположение, что у гуминовых и гиматомелановых кислот перегнойно-торфяной олиготрофной почвы более развита периферическая алифатическая составляющая, таким образом, данные кислоты в большей степени будут связывать тяжелые металлы и проявлять свою экпротекторную роль, у гумусовых кислот других типов почв Евроарктического региона более развита ароматическая составляющая. Количественная оценка природы гумусовых кислот проводилась с применением таких параметров как: ароматичность, рассчитываемая по формуле Пьеравуори, коэффициент экстинкции  $E_{1\text{см},465}^{0,005\%}$ , адсорбционное отношение  $D_{400}/D_{600}$ , характеризующее степень гумификации, и адсорбционное отношение  $D_{465}/D_{650}$ , характеризующее степень сконденсированности ароматического ядра и наличие сопряженных фрагментов. Количественным анализом УФ/видимых спектров подтверждено, что максимальным барьерным механизмом по отношению к тяже-*

*лым металлам будут обладать гуминовые и гиматомелановые кислоты перегнойно-торфяной олиготрофной почвы из-за высокого содержания в составе молекул этих кислот фенольных и карбоксильных групп, наибольшей степени окисленности и более развитой цепи сопряженных связей в них по сравнению с другими кислотами. Но при этом установлено, что во всех типах исследованных почв процесс гумусообразования идет преимущественно по деградационному типу, то есть в направлении образования фульвокислот.*

**Ключевые слова:** почвы Евроарктического региона, структурно-функциональный состав гумусовых кислот, абсорбционная спектроскопия, УФ/видимая спектроскопия, гуминовые кислоты, фульвокислоты, гиматомелановые кислоты

## STUDY OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL COMPOSITION OF SOIL HUMUS ACIDS OF EURO-ARCTIC REGION BY MOLECULAR ABSORPTION SPECTROSCOPY (UV / VISIBLE)

N.S. Prilutskaya, T.A. Korel'skaya, L.F. Popova

Natal'ya S. Prilutskaya \*, Lyudmila F. Popova

Department of Chemistry and Chemical Ecology, High School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, nab. Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia  
E-mail: n.priluckaya@narfu.ru \*, ludap9857@mail.ru, lf.popova@agtu.ru

Tat'yana A. Korel'skaya

Department of General and Bioorganic Chemistry, Northern State Medical University, Troitsky ave., 51, Arkhangelsk, 163000, Russia  
E-mail: takorelskaya@yandex.ru

*Results of the structural and functional composition of soil humus acids in the Euro-Arctic Region are presented. The molecular absorption spectroscopy (UV / visible) was used to evaluate eco-protective role of soils in relation to heavy metals, which is especially important for the sensitive soils of the Arctic, formed under the influence of cryogenic processes. Different types of soils of the Euro-Arctic region: gleyish easy loamy pelosi on loamy moraine (Kanin Peninsula, Cape Kanin Nos); humus peat oligotrophic soil (Kolguev Island, Bugrino village); typical non-calcic loamy gley soil (Vaigach Island); gray humous iron sandy lithozem (Archipelago Franz Josef Land, Heys Island) were analyzed. An alkaline solution of sodium pyrophosphate was used to extract humus acids for investigate of the structural and functional composition. Humic, fulvic and gimatome-lanic acids were extracted from a humus by conforming solvents with additional fulvic acids extraction by adsorption chromatography using activated carbon as a sorbent. UV mini-1240 spectrophotometer (Shimadzu) was used to record the UV / visible spectra using 0.005% alkaline solutions (0.1 N NaOH) of humus acids. It was demonstrated that humic and gimatomelanoic acids of humus peat oligotrophic soil have more developed peripheral aliphatic component. These acids have more ability to bind heavy metals and show their eco-protective role. The humus acids of other types of soils region have a more developed aromatic component in the Euro-Arctic. Such parameters as: calculated by the Pieravuori formula aromaticity, extinction coefficient  $E^{0.005\%}_{1\text{cm},465}$ , adsorption ratio  $D_{400}/D_{600}$ , characterizing the degree of humification and the adsorption ratio  $D_{465}/D_{650}$ , characterizing the degree of aromatic nucleus condensation and conjugate fragments were used in the quantitative assessment of the nature of humus acids. Quantitative analysis of UV/visible spectra confirmed that the maximum barrier mechanism with respect to heavy metals will be the humic and gimatomelanoic acids of humus-peat oligotrophic soil, due to the high content of phenolic and carboxyl groups in these molecules, oxidation and a more developed chain of conjugated bonds in them in comparison with other acids. However, it was found that in all types of soils studied the process of humus formation proceeds mainly by a degradation type, that is, in the direction of formation of fulvic acids.*

**Key words:** Euro-Arctic Region soil, humus acid structural and functional composition, absorption spectroscopy, UV/visible spectroscopy, humic acid, fulvic acid, humatomelanic acid, humus acids ecoprotective function

**Для цитирования:**

Прилуцкая Н.С., Корельская Т.А., Попова Л.Ф. Исследование структурно-функционального состава гумусовых кислот почв Евроарктического региона методом УФ/видимой спектроскопии. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2018. Т. 61. Вып. 2. С. 97–103

**For citation:**

Prilutskaya N.S., Korel'skaya T.A., Popova L.F. Study of structural and functional composition of soil humus acids of euro-arctic region by molecular absorption spectroscopy (UV / visible). *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 2. P. 97–103,

ВВЕДЕНИЕ

Гумусовые кислоты в биосфере выполняют множество функций. Одной из важнейших является защитная или протекторная функция, заключающаяся в способности гумусовых кислот связывать поллютанты, в том числе тяжелые металлы (ТМ), в малоподвижные, трудно диссоциирующие соединения. Это особенно важно для чувствительных к загрязнениям почв Арктики, формирующихся под влиянием мерзлотных (криогенных) процессов. Исследование структурно-функционального состава гумусовых кислот почв может помочь в изучении их экопротекторной роли.

В настоящее время проводится много исследований по изучению структурно-функционального состава гумусовых кислот почв различных регионов с помощью современных физико-химических методов [1-3].

Исследование органического вещества и самих почв Евроарктического региона только начинается. Для этих почв, в основном, известны лишь основные характеристики, такие как генезис почв, строение почвенного профиля, содержание гумуса [4] и тяжелых металлов в них [5], приводятся данные об их экологическом состоянии [5].

Применение молекулярной абсорбционной спектроскопии для исследования структурно-функционального состава гумусовых кислот почв европейской части Арктики может дать информацию о содержании в их молекулах ароматических фрагментов, степени их сконденсированности и гумификации, уровня развития цепи сопряженных связей и наличия кислородсодержащих функциональных групп.

Цель исследования – проанализировать особенности структурно-функционального состава гумусовых кислот почв европейской части Арктики методом молекулярной абсорбционной (УФ/видимой) спектроскопии для последующей

оценки их экопротекторной функции в отношении тяжелых металлов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования были выбраны различные типы почв Евроарктического региона. Почвенные разрезы были заложены участниками комплексной научно-образовательной экспедиции «Арктический Плавающий Университет-2013» на следующих территориях: п-ов Канин (м. Канин Нос), о. Колгуев (п. Бугрино), о. Вайгач, архипелаг Земля Франца-Иосифа (о. Хейса). Описание мест закладки почвенных разрезов приведено в табл. 1.

*Таблица 1*

**Описание мест закладки почвенных разрезов**  
**Table 1. Description of the locations of soil sections**

№	Место разреза и координаты	Название почв [6]
1	м. Канин нос 68°40' с.ш., 43°33' в.д	Пелозем глееватый легкосуглинистый на среднесуглинистой морене
2	о. Колгуев 69°01'09" с. ш. 49°21'46" в. д.	Перегноино-торфяная олиготрофная
3	о. Вайгач 70°27' с.ш., 39°07' в.д.	Глеезем типичный бескарбонатный среднесуглинистый
4	о. Хейса. ЗФИ 80°34' с. ш. 57°41' в. д	Литозем серогумусовый иллювиальножелезестый песчаный

Пробы почв (по одной с каждой пробной площади) отбирались в соответствии с ГОСТ 28168–89. Из почв методом М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой [7] были выделены препараты гумусовых кислот (ГФК): гуминовых (ГК), фульвовых (ФК) и гиматомелановых (ГМК). Метод основан на извлечении из почвы смеси кислот щелоч-

ным раствором пирофосфата натрия, с последующим выделением ГК, ФК и ГМК различными экстрагентами, с дополнительным извлечением ФК методом адсорбционной хроматографии с применением в качестве сорбента активированного угля.

Запись УФ/видимых спектров была выполнена в трехкратной повторности на спектрофотометре UV mini-1240 фирмы Shimadzu в лаборатории биогеохимических исследований кафедры химии и химической экологии Высшей школы естественных наук и технологий САФУ. Для получения спектров использовали 0,005% щелочные растворы (0,1 н NaOH) гумусовых кислот [8].

Количественную оценку природы гумусовых кислот проводили с применением таких показателей, как:

- коэффициент экстинкции  $E^{0,005\%}_{1\text{см},465}$ , характеризующий степень развития цепи сопряженных связей и наличие кислородсодержащих заместителей:

$$E^{0,005\%}_{1\text{см},465} = D_{465} (100+a)/(p \cdot l \cdot 100),$$

где  $p$  – навеска кислоты (мг), взятая для приготовления 100 мл раствора;  $a$  – зольность кислоты;  $l$  – рабочая длина кюветы (см);

- ароматичность  $A$ , которая определяется по формуле Пьеравуори [9] с использованием абсорбционного отношения  $D_{250}/D_{365}$ :

$$A = 52,509 - 6,780 \cdot D_{250}/D_{365}.$$

абсорбционное отношение  $D_{400}/D_{600}$ , характеризующее согласно Чену с коллегами [10] степень гумификации;

- коэффициент цветности  $D_{465}/D_{650}$ , характеризующий степень сконденсированности ароматического ядра и наличие сопряженных фрагментов.

С ростом абсорбционных отношений  $D_{400}/D_{600}$  и  $D_{465}/D_{650}$  происходит уменьшение соответствующих показателей.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Все УФ/видимые спектры исследуемых гумусовых кислот имеют одинаковую форму. В них отсутствуют четко выраженные максимумы поглощения в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, что указывает на их перекрывание вследствие сложной структуры молекул ГФК. При этом все спектры имеют максимум в УФ-области в диапазоне 213-215 нм, что обусловлено присутствием в молекулах фенольных и карбоксильных групп. Кроме того, во всех УФ/видимых спектрах гумусовых кислот наблюдается монотонное снижение оптической плотности с ростом длины волны. Об-

разцы ГК и ГМК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы имеют более выраженную крутизну падения спектральных кривых, что указывает на наличие хорошо развитой периферической алифатической составляющей. Остальные препараты имеют более пологую спектральную кривую, что говорит о развитии ароматических структур в ядерной части молекул (рисунок).

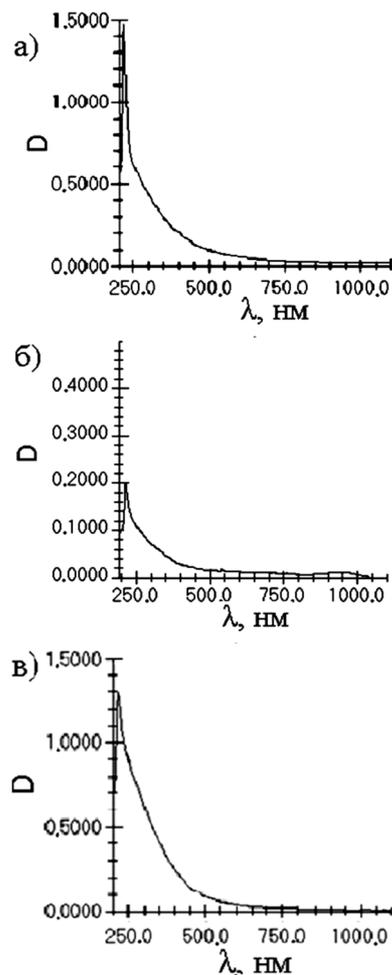


Рис. УФ/видимые спектры ГФК, выделенных из перегнойно-торфяной олиготрофной почвы: а – ГК; б – ФК; в – ГМК  
Fig. UV/visible spectra of humus acids of humus peat oligotrophic soil: а – HA, б – FA в – GMA

Максимальная оптическая плотность образцов ГК и ГМК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы указывает на присутствие в их молекулах большего количества фенольных и карбоксильных групп по сравнению с другими кислотами. Следовательно, данные кислоты в большей степени могут связывать ТМ, и тем самым проявлять свою экпротекторную роль.

Коэффициент экстинкции ( $E^{0,005\%}_{1\text{см},465 \text{ нм}}$ ) исследуемых препаратов ГФК, согласно табл. 2, варьирует в следующих пределах:

- у ГК от 0,0036 (пелозем и литозем) до 0,0260 (перегнойно-торфяная олиготрофная почва);
- у ФК от 0,0018 (пелозем) до 0,0034 (глеезем типичный бескарбонатный среднесуглинистый и перегнойно-торфяная олиготрофная почва);
- у ГМК от 0,0038 (литозем) до 0,0240 (перегнойно-торфяная олиготрофная почва).

**Таблица 2**

**Оптические свойства гуминовых кислот исследуемых почв**

**Table 2. Optical properties of humus acids of the studied soils**

Место закладки ПП	$E_{465} \cdot 10^{-3}$	$\frac{D_{465}}{D_{650}}$	$\frac{D_{400}}{D_{600}}$	A
Гуминовые кислоты				
о. Колгуев	<u>26,0*</u> 0,4	<u>2,60</u> 0,26	<u>3,29</u> 0,18	<u>31,56</u> 0,23
о. Вайгач	<u>6,0</u> 0,3	<u>3,00</u> 0,34	<u>3,00</u> 0,25	<u>25,39</u> 0,32
о. Хейса	<u>3,6</u> 0,5	<u>2,57</u> 0,69	<u>2,50</u> 0,65	<u>36,41</u> 0,46
Мыс Канин Нос	<u>3,6</u> 0,1	<u>4,50</u> 0,11	<u>3,33</u> 0,93	<u>34,04</u> 0,46
Фульвокислоты				
о. Колгуев	<u>3,4</u> 0,3	<u>1,54</u> 0,18	<u>2,17</u> 0,17	<u>32,90</u> 1,06
о. Вайгач	<u>3,4</u> 0,1	<u>2,12</u> 0,20	<u>2,80</u> 0,09	<u>31,34</u> 0,23
о. Хейса	<u>2,8</u> 0,3	<u>1,75</u> 0,27	<u>2,14</u> 0,33	<u>29,91</u> 0,46
Мыс Канин Нос	<u>1,8</u> 0,1	<u>1,12</u> 0,07	<u>1,75</u> 0,04	<u>29,80</u> 1,60
Гиматомелановые кислоты				
о. Колгуев	<u>24,0</u> 0,4	<u>2,40</u> 0,16	<u>2,77</u> 0,27	<u>32,17</u> 0,15
о. Вайгач	<u>6,0</u> 0,4	<u>3,00</u> 0,23	<u>3,00</u> 0,35	<u>15,22</u> 0,26
о. Хейса	<u>12,4</u> 0,3	<u>2,38</u> 0,07	<u>3,16</u> 0,09	<u>40,72</u> 0,03
Мыс Канин Нос	<u>3,8</u> 0,2	<u>2,38</u> 0,11	<u>2,00</u> 0,93	<u>29,04</u> 1,31

Примечание: \*в числителе – среднее значение, в знаменателе абсолютная погрешность

Note: \* numerator – mean value, denominator – absolute error

Авторами статьи в литературных источниках не найдены значения  $E_{1\text{см},465\text{нм}}^{0,001\%}$  для данных почв, однако встречаются коэффициенты экстинкции для почв более южных экспозиций, значения которых, соответственно, выше. Например, в работах Орлова [8] приводятся следующие данные, коэффициент экстинкции ( $E_{1\text{см},465\text{нм}}^{0,001\%}$ ) варьирует у ГК от 0,029 (тундровые) до 0,113 (черноземы), а у ФК от 0,010 (черноземы) до 0,017 (серые лесные почвы).

Максимальный коэффициент экстинкции среди ГФК имеют ГК и ГМК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы, что может свидетельствовать о наиболее развитой цепи сопряженных двойных связей и наибольшей степени окисленности.

В целом, ГФК почв южных экспозиций (все исследуемые препараты, кроме литозема серогумусового) по удлинению цепей сопряженных связей в молекулах можно расположить в один ряд: пелозем глееватый → глеезем типичный → перегнойно-торфяная олиготрофная почва. Кроме того, среди всех ГФК почв происходит увеличение содержания окислительных и алифатических фрагментов от ГК → ГМК → ФК.

Образцы ГК и ГМК литозема серогумусового имеют высокую ароматичность, но для них характерны высокие коэффициенты цветности, т.е. конденсация ароматического ядра в условиях низких температур с малым среднегодовым количеством осадков затруднена, и происходит упрощение их природы, тогда как в ФК литозема серогумусового при низких значениях ароматичности наблюдается высокая сконденсированность ароматического ядра. В то же время в условиях большей влажности и большей биомассы молекулы ГК и ГМК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы, глеезема типичного и пелозема глееватого (особенно ГМК Глеезема типичного) менее ароматичны и сконденсированы, на что указывают высокие значения коэффициента цветности.

Для ГК и ГМК характерны более высокие коэффициенты цветности (2,375 – 4,500) по сравнению с ФК (1,125–2,125), что говорит о слабой степени сконденсированности ароматического ядра первых. У ФК происходит увеличение данного коэффициента в ряду пелозем глееватый → перегнойно-торфяная олиготрофная почва → литозем серогумусовый → глеезем типичный. Кроме того, для образцов ФК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы и глеезема типичного также характерны возрастание ароматичности, уменьшение развития цепей сопряженных двойных связей и влияния кислородсодержащих заместителей. В то же время, в образцах ФК литозема серогумусового и пелозема глееватого идет уменьшение значения ароматичности.

Более высокие коэффициенты цветности ГК и ГМК по сравнению с ФК в большинстве исследуемых образцов, возможно, связаны:

- с наличием большого количества отдельных цепей сопряжения в крупных молекулах ГМК и ГК, что ведет к наложению цвета и, следовательно, появлению темной окраски кислот;

- с участием в цепи сопряжения таких хромофорных группировок, как  $-\text{CH}=\text{CH}-$ ,  $-\text{CH}=\text{N}-$ ,  $-\text{N}=\text{N}-$ ,  $=\text{C}=\text{O}$  и др., и аукохромов  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ .

Соответственно в молекулах ГК и ГМК цепи сопряжения менее длинные, а ароматические фрагменты, хромофорные и аукохромные группировки разобщены алифатическими фрагментами.

По степени гумификации ГК можно расположить в ряд: литозем серогумусовый → глеезем типичный → перегнойно-торфяная олиготрофная почва → пелозем глееватый; ФК в ряд: пелозем глееватый → литозем серогумусовый → перегнойно-торфяная олиготрофная почва → глеезем типичный; ГМК в ряд: пелозем глееватый → перегнойно-торфяная олиготрофная почва → глеезем типичный → литозем серогумусовый. При этом во всех типах исследованных почв максимальная гумификация характерна для ФК и уменьшается в ряду ФК > ГМК > ГК. Вследствие чего можно предположить, что процесс гумусообразования в этих почвах идет преимущественно по деградационному типу, т.е. по направлению образования ФК.

Таким образом, гуминовые и гематомелановые кислоты перегнойно-торфяной олиготрофной почвы будут обладать наибольшим барьерным механизмом по отношению к тяжелым металлам по сравнению с другими ГФК, несмотря на не самую высокую ароматичность, но наибольшую сте-

пень окисленности, т.е. наличию наибольшего количества кислородосодержащих групп, способных в большей степени связывать тяжелые металлы.

#### ВЫВОДЫ

УФ/видимые спектры ГФК исследованных образцов почв Евроарктического региона имеют максимумы в УФ-области в диапазоне 213-215 нм, что указывает на присутствие в молекулах фенольных и карбоксильных групп. Периферическая алифатическая составляющая более развита у ГК и ГМК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы, у остальных образцов – ароматическая составляющая.

Наибольшим барьерным механизмом по отношению к тяжелым металлам будут обладать ГК и ГМК перегнойно-торфяной олиготрофной почвы, т.к. для данных кислот характерны максимальная оптическая плотность в УФ/видимом спектре, указывающая на присутствие в их молекулах большего количества фенольных и карбоксильных групп по сравнению с другими кислотами, наибольшая степень окисленности и наиболее развитая цепь сопряженных связей.

Максимальная гумификация характерна для ФК и уменьшается в ряду ФК > ГМК > ГК, таким образом, процесс гумусообразования во всех типах почв идет преимущественно по направлению образования ФК, т.е. по деградационному типу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лобанов В.Г., Александрова А.В., Шурай К.Н., Авдеев А.С., Рашид И.Д. Структурно-функциональные характеристики гуминовых кислот почвы Краснодарского края. *Политемат. сет. электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та*. 2015. № 109. С. 1016–1025.
2. Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А., Чуков С.Н. Структурно-функциональные параметры гумусовых веществ подзолистых и болотно-подзолистых почв. СПб.: Наука. 2007. 145 с.
3. Нестерова О.В., Семаль В.А. Характеристика гуминовых кислот буроземов юга Сихотэ-Алиня по данным элементного анализа и ИК-спектроскопии (на примере Уссурийского заповедника). *Вестн. Краснояр. гос. аграрного ун-та*. 2009. № 10. С. 29–35.
4. Любова С.В., Любова Н.В. Почвы Арктики и некоторые их свойства. Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 2016. С. 254–257.
5. Вишнева Ю.С., Попова Л.Ф. Оценка экологического состояния и степени загрязнения тяжелыми металлами

#### REFERENCES

1. Lobanov V.G., Aleksandrova A.V., Shuraiy K.N., Avdeev A.S., Rashid I.D. Structural and Functional Characteristics of the Humic Acid Soils of the Krasnodar Region. *Politem. Set. Elektr. Nauch. Zhurn. Kuban Gos. Agrar. Univer.* 2015. N 109. P. 1016–1025 (in Russian).
2. Lodygin E.D., Beznosikov V.A., Chukov S.N. Structural and Functional Parameters of Humic Substances of Podzolic and Swamp-Podzolic Soils. SPb.: Nauka. 2007. 145 p. (in Russian).
3. Nesterova O.V., Semal' V.A. Characterization of Humic Acids of Brown Soils of the South of Sikhote-Alin According to the Elemental Analysis and Infrared Spectroscopy (the Case of the Ussuri Reserve). *Vest. KrasGAU*. 2009. N 10. P. 29–35 (in Russian).
4. Lyubova S.V., Lyubova N.V. The Soils of the Arctic and Some of Their Properties. Ecological Problems of the Arctic and Northern Territories. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov. 2016. P. 254–257 (in Russian).
5. Vishnevaya Yu.S., Popova L.F. Assessment of the Environmental Status and Degree of Pollution of Arctic Soils by

- почв Арктики. *Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер.: Естеств. науки*. 2016. № 2. С. 96–104.
6. **Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.** Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
  7. **Корельская Т.А., Румянцева Т.И.** Строение гумусовых кислот как функция выполнения ими экопротекторной роли в отношении тяжелых металлов. *Журн. Сиб. федерал. ун-та. Сер.: Химия*. 2014. Т. 7. № 1. С. 139-150.
  8. **Орлов Д.С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Наука. 1993. 325 с.
  9. **Peuravuori, J., Pihlaja K.** Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Anal. Chim. Acta*. 1997. 337. P. 133.
  6. **Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I.** Classification and Diagnostics of Russian Soils. Smolensk: Oecumene. 2004. 342 p. (in Russian).
  7. **Korelskaya T.A., Rummyantseva T.I.** The Structure of Humic Acids as a Function of the Performance of Ecoprotective Role for Heavy Metals. *J. Sib. Federal. Un-ty. Ser.: Chemistry*. 2014. V. 7. N 1. P. 139-150 (in Russian).
  8. **Orlov D.S.** Soil humus acids and general theory of humification. M.: Nauka. 1993. 325 p. (in Russian).
  9. **Peuravuori, J., Pihlaja K.** Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Anal. Chim. Acta*. 1997. 337. P. 133.

*Поступила в редакцию 16.05.2017  
Принята к опубликованию 18.09.2017*

*Received 16.05.2017  
Accepted 18.09.2017*