

УДК 502.5+504.53+504.064

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-96-104

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ АРКТИКИ

**Вишнева Ю.С., Попова Л.Ф.**

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17, Российская Федерация*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования арктических почв. Во время комплексной научно-исследовательской экспедиции САФУ «Арктический плавучий университет» были отобраны образцы почв, описаны ландшафты (рельеф, растительность), установлено систематическое положение почв на уровне типа/подтипа. Определены основные агрохимические показатели почв и содержание в них тяжелых металлов (ТМ). Согласно принятым подходам проведена оценка уровня загрязнения почв ТМ. Анализ экспериментальных данных показал изменение агрохимических показателей почв в широких пределах и наличие полиметаллического загрязнения. К основным поллютантам отнесены такие ТМ и металлоиды, как: Zn, Cu, Ni, As. Согласно суммарному показателю загрязнения почвы исследуемой территории имеют допустимый уровень загрязнения.

**Ключевые слова:** Арктика, почвы, агрохимические показатели, тяжелые металлы, полиметаллическое загрязнение.

## ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATUS AND DEGREE OF POLLUTION OF ARCTIC SOILS BY HEAVY METALS

**Iu. Vishnevaia, L. Popova**

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
nab. Severnoi Dviny 17, 163002 Arkhangelsk, Russia*

**Abstract.** We report the results of studying the Arctic soils. In the course of a complex research expedition of the Northern (Arctic) Federal University within the “Arctic Floating University” project, we have selected soil samples, described the landscape (relief, vegetation), and found the systematic position of soils at the type/subtype level. The main agrochemical parameters of the soil and the content of heavy metals (HM) have been determined. According to the accepted approaches, the soil pollution by heavy metals has been evaluated. Analysis of the experimental data has confirmed the change in agrochemical soil parameters over a wide range and the presence of polymetallic pollution. The main pollutants include such heavy metals as Zn, Cu, Ni, and As. According to the total pollution index, all the soils are characterized by an acceptable heavy-metal-contamination level.

**Key words:** Arctic soils, agrochemical parameters, heavy metals, polymetallic pollution.

Арктическая зона России занимает более трети территории страны и ха-

рактеризуется экстремальными природно-климатическими условиями, наличием разнообразных и значитель-

© Вишнева Ю.С., Попова Л.Ф., 2016.

ных по запасам природных ресурсов и медленным восстановлением природных экосистем [5]. На арктических островах представлены уникальные типы растительных сообществ и эндемичные типы почв. Почвы Арктики мало изучены. Их особенности кратко рассмотрены в работах И. С. Михайлова [6], В. О. Таргульяна [11], С.В. Горячкина [3], В.Н. Переверзева [7] и др.

В наше время загрязнение окружающей среды является одной из глобальных проблем человечества. Среди преобладающих загрязняющих веществ особое место занимают тяжелые металлы (далее – ТМ), наблюдение за которыми обязательно во всех средах. Арктический регион находится под все более возрастающим техногенным воздействием как локальных промышленных центров, так и меняющихся путей переноса загрязняющих веществ воздушными массами, потоками воды и осадочного материала арктических рек. Как правило, выбросы металлургических и теплоэнергетических производств сопровождаются эмиссией кислотообразующих веществ, которые распространяются на дальние расстояния и могут способствовать кислотному выщелачиванию лабильных элементов (в особенности алюминия, кадмия, цинка и других) из слагающих пород. Антропогенное воздействие приводит к деградации арктических земель, в силу низкого уровня массо- и энергообменов, коротких пищевых цепей, способствующих быстрому перемещению токсикантов к конечным потребителям природа Арктики чрезвычайно уязвима к действию загрязняющих веществ, что в перспективе может привести к необратимым экологическим процессам [1].

Проблема оценки экологического состояния окружающей среды Арктики и защиты ее от загрязнений и других негативных воздействий становится приоритетной, по крайней мере, для всех стран, которые относятся к числу арктических. Целью данного исследования является оценка экологического состояния и степени загрязнения ТМ почв арктических и субарктических районов.

**Материалы и методы.** В период с 1 июня по 10 июля 2012 г. Северным (Арктическим) федеральным университетом имени М.В. Ломоносова совместно с ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», «Арктическим Антарктическим научно-исследовательским институтом», «Государственным океанографическим институтом», Институтом экологических проблем Севера Уральского отделения РАН при финансовой поддержке Русского географического общества была организована научно-исследовательская экспедиция «Арктический плавучий университет». Экспедиция выполнялась на научно-исследовательском судне «Профессор Молчанов», движение которого проходило по маршруту: Архангельск – Белое море – Баренцево море по Кольскому меридиану – Новая Земля – Земля Франца-Иосифа – Новая Земля, м. Желания – Баренцево море вдоль Новой Земли – о. Колгуев – о. Сосновец – Соловецкие острова – Архангельск.

В процессе экспедиции с целью изучения экологического состояния почв на местах высадок по ходу следования судна (рис.) отбирались образцы проб согласно государственного стандарта<sup>1</sup>. Всего отобрано 28 проб на 12 пробных площадях. Для каждой точки отбора

даны таксоны почвенно-экологического районирования [4], проведено описание ландшафтов (рельеф, расти-

тельность), установлено систематическое положение почв на уровне типа/подтипа [10].



Рис. Точки отбора проб почвы по маршруту следования НИС «Профессор Молчанов»: 1 - о. Гольфстрим; 2 - м. Желания, 3 - Русская гавань, Новая Земля, 4 - Бухта Тихая, Земля Франца Иосифа, 5 - о. Колгуев, точка 1, 6 - о. Колгуев, точка 2, 7 - м. Канин Нос, 8 - м. Зимнегорский, 9 - Большой Соловецкий остров, 10 - Летняя Золотица, 11 - о. Кузова, 12 - о. Сосновец

На базе лаборатории биогеохимических исследований Института естественных наук и технологий С(А)ФУ были определены агрохимические показатели: гранулометрический состав методом отмучивания [8], рН водной вытяжки, содержание органического вещества, содержание подвижного

фосфора<sup>2</sup>. Валовое содержание ТМ в поверхностном слое почв (0-10 см) определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) по методике М049-П/04 с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» (САФУ) при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (уникальный иден-

<sup>1</sup> ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»: введен в действие с 01.01.1986 г.

<sup>2</sup> ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки»: введен в действие с 01.01.1986 г.; ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества»: введен в действие с 01.07.1993 г.; ГОСТ 26207-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО»: введен в действие с 01.01.1993 г.

тификатор работ RFMEFI59414X0004).

Классификацию почв по агрохимическим показателям проводили согласно общепринятым градациям [9]. Уровень загрязнения почв ТМ оценивали по кратности превышения ПДК и ОДК с использованием шкал экологического нормирования<sup>1</sup>. Оценку биогеохимических изменений, произошедших при антропогенном воздействии, проводили с использованием системы коэффициентов: коэффициента концентрации ( $K_c$ ) и суммарного коэффициента техногенного загрязнения ( $Z_t$ ) [12].

**Результаты и обсуждения.** Маршрут следования судна захватил два географических пояса: Полярный и Бореальный с тремя почвенными зонами/подзонами. Арктическая зона арктических и тундровых почв распространяется на Новую Землю, близлежащие острова и Землю Франца-Иосифа; субарктическая зона тундровых почв – южнее Новой Земли до горла Белого моря (о. Колгуев, м. Канин Нос). Почвы островов Белого моря и близлежащие материковые почвы относятся к северотаежной подзоне глеево-подзолистых почв Бореального пояса.

Почвы Новой Земли, близлежащих островов и Земли Франца-Иосифа относятся к типу арктических почв. Они формируются в суровых климатических условиях и характеризуются слабым развитием почвенных процессов, неразвитостью почвенного профиля, разреженностью растительного покрова, состоящего из мхов и лишайников. Почвы развиваются на щебнистых

<sup>1</sup> МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест»: введены в действие с 05.04.1999 г.; ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве»: введен в действие с 18.05.2009 г.

и каменистых породах и моренах, в основном супесчаных и легкосуглинистых. Почвенный покров представлен комплексом почв-пятен. Согласно нашим данным, по гранулометрическому составу эти почвы супесчаные, легко- и тяжелосуглинистые, имеют реакцию среды, близкую к нейтральной (рН 4,80-6,88) и повышенное содержание органического вещества (6 %). Обеспеченность этих почв подвижным фосфором колеблется от очень низкой (5-15 мг/кг) и низкой (26 мг/кг) до очень высокой (317 мг/кг).

Тип тундровых неглеевых (иллювиально-гумусовых) почв определен на о. Колгуев. Такие почвы развиваются на хорошо дренированных супесчано-щебнистых отложениях и породах легкого гранулометрического состава. Нами определено, что изученная почва имеет легкий состав и более кислую реакцию среды, чем арктические почвы (рН 5,56-6,11), с довольно высоким (127-327 мг/кг) содержанием подвижного фосфора.

Южнее, на мысе Канин Нос определен тип тундровых глеевых почв, подтип тундровых глеевых оподзоленных почв. В растительном покрове встречаются злаково-осоковые ассоциации и древесные породы. Характерная морфологическая особенность данного подтипа – наличие глеевого горизонта и признаков слабовыраженного подзолистого процесса. По гранулометрическому составу почвы представлены песками с кислой реакцией среды (рН 5,18), низким содержанием органического вещества (1-3 %) и средним содержанием (67 мг/кг) подвижного фосфора.

На Соловецких островах и в деревне Летняя Золотица определен тип под-

золистых почв. Главная особенность климата, определяющая формирование подзолистых почв, – преобладание количества осадков над их испарением. Растительность представлена древесной – лесной формацией. Почвы представлены песками с еще более кислой реакцией среды (рН 4,73), но высоким содержанием органического вещества (8,9 %). Содержание подвижного фосфора в этих почвах изменяется от крайне низкого (7 мг/кг) до очень высокого (258 мг/кг).

На мысе Зимнегорский встречаемая почва типа аллювиальные луговые кислые. Почва находится в пойме реки, растительный покров в основном представлен злаковыми и осоками. По гранулометрическому составу она тяжелосуглинистая с реакцией среды, близкой к нейтральной (рН 5,77) и очень высоким содержанием подвижного фосфора (429 мг/кг).

Тип торфяных болотных верховых

почв определен на о. Сосновец. Почвы данного типа формируются в специфических условиях при избыточном увлажнении атмосферными водами под влаголюбивой растительностью, которая развивается при почти полном отсутствии в воде растворенного кислорода, при небольшом содержании питательных элементов в субстрате и кислой реакции среды (рН 3,86). Однако содержание подвижного фосфора в данной почве очень высокое (272 мг/кг). Растительность представлена в основном морошкой, мхами и лишайниками. Отмершие остатки растений в условиях бореального климата подвергаются неполному разложению.

Анализ экспериментальных данных по валовому содержанию ТМ (табл. 1) позволил оценить степень загрязнения почв арктической и субарктической зоны Архангельской области, и показал наличие полиметаллического загрязнения.

Таблица 1

**Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг,  
в поверхностном слое почв Арктики**

№ п/п	Место отбора	Химический элемент							
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V	As
1	о. Гольфстрим	25,0±1,2	64,9±3,2	34,7±1,7	31,7±1,6	12,9±0,6	355,9±17,8	100,7±5,0	6,0±0,3
2	м. Желания	25,0±1,2	94,0±4,7	51,0±2,6	51,0±2,6	17,0±0,9	443,8±22,2	162,0±8,1	6,0±0,3
3	Русская гавань, Новая земля	30,0±1,5	69,0±3,5	41,2±2,1	40,0±2,0	17,6±0,9	679,2±34,9	139,9±7,0	7,2±0,4
4	Бухта Тихая, Земля Франца Иосифа	25,0±1,2	77,0±3,9	41,0±2,1	42,0±2,1	27,0±1,4	363,2±18,2	122,0±6,1	6,0±0,3
5	о. Колгуев, точка 1	25,0±1,2	22,1±1,1	20,0±1,0	11,5±0,6	21,6±1,1	377,1±18,9	27,5±1,4	6,0±0,3
6	о. Колгуев, точка 2	20,0±1,0	53,0±2,7	26,0±1,3	25,0±1,2	17,0±0,9	558,7±27,9	65,8±3,3	4,8±0,2
7	м. Канин Нос	30,0±1,5	12,0±0,6	24,0±1,2	12,4±0,6	92,8±4,6	833,4±41,7	18,4±0,9	7,2±0,4
8	м. Зимнегорский	40,0±2,0	127,6±6,4	44,0±2,2	39,2±2,0	23,2±1,2	891,0±44,6	105,6±5,3	9,6±0,5
9	Соловки	30,0±1,5	12,0±0,6	24,0±1,2	12,5±0,6	26,9±1,3	181,8±9,1	12,0±0,6	7,6±0,4
10	Летняя Золотица	32,5±1,6	13,6±0,7	26,0±1,3	13,6±0,7	41,9±2,1	217,5±10,9	13,9±0,7	7,8±0,4
11	о. Кузова	25,0±1,2	94,0±4,7	58,0±2,9	62,0±3,1	10,0±0,5	1454,5±72,7	40,0±2,0	6,0±0,3



№ п/п	Место отбора	Химический элемент							
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V	As
12	о. Сосновец	108,6±5,4	544,8±27,2	90,0±4,5	49,5±2,5	59,4±3,0	373,2±18,7	45,0±2,3	27,0±1,4
ПДК (МУ 2.1.7.730-99)		32,0	87,0	53,0	85,0	50,0	1500,0	150,0	2,0
Кларк в почве*		10,0	50,0	20,0	40,0	8,0	850,0	100,0	5,0
ОДК (ГН 2.1.7.2511-09)		32,0	55,0	33,0	20,0	н/д	н/д	н/д	2,0

Примечание: \* - по данным А.П. Виноградова [2].

Исследованные почвы в целом чистые по отношению к Pb, Mn и V. Однако в почвах о. Сосновец отмечено превышение ПДК Pb в 3,4 раза, что соответствует низкому уровню загрязнения. В почвах м. Желания валовое содержание V составило 1,1 ПДК, что также соответствует низкому уровню загрязнения. Превышений установленных нормативов по Mn не зафиксировано.

К основным поллютантам исследуемой территории можно отнести Zn, Cu, Ni, As. Так, в арктических почвах, в почвах типа аллювиальные луговые кислые (м. Зимнегорский) обнаружены превышения ОДК по Zn, при этом максимальная из наблюдаемых концентраций составила 2,3 ОДК (м. Зимнегорский). Кроме этого, 58,3 % отобранных почв слабо загрязнены Cu, 66,7 % – Ni, 91,7 % – As. При этом максимальные концентрации данных металлов составили 1,8 ОДК (о. Сосновец), 3,1 ОДК (о. Кузова) и 4,8 ОДК (м. Зимнегорский) соответственно. В то же время в почвах о. Сосновец обнаружены превышения ОДК Zn в 9,9 раза и ОДК As в 13,5 раз, что соответствует среднему уровню загрязнения. В пробах почв м. Канин Нос и о. Сосновец

зафиксированы превышения ПДК Co в 1,9 и 1,2 раза, соответственно. В остальных почвах превышений ПДК Co не обнаружено.

Для более полной оценки экологического состояния почвенного покрова были рассчитаны коэффициенты концентрации ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) (табл. 2). Почвы арктической и приарктической зон подвергаются техногенно-антропогенному воздействию, вследствие чего происходит накопление ТМ. На это указывают рассчитанные коэффициенты концентраций, значения которых для большинства ТМ больше 1. В целом для исследуемой территории ряд накопления ТМ в почвах выглядит следующим образом:  $Co > Pb > Cu > Zn > As > Ni > V > Mn$ . На основе этих коэффициентов был рассчитан суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ , нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730-99 и широко используемый в качестве интегрального показателя, отражающего общий вклад ТМ в загрязнение почвенного покрова. Согласно этому показателю, исследуемые почвы имеют допустимый уровень загрязнения ТМ по их валовому содержанию ( $Z_c$  менее 16).

Таблица 2

**Коэффициент концентрации ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )**

№ п/п	Коэффициент концентрации ( $K_c$ )								$Z_c$
	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V	As	
1	2,5	1,3	1,7	0,8	1,6	0,4	1,0	1,2	2,1
2	2,5	1,9	2,6	1,3	2,1	0,5	1,6	1,2	2,2
3	3,0	1,4	2,1	1,0	2,2	0,8	1,4	1,4	2,3
4	2,5	1,5	2,1	1,1	3,4	0,4	1,2	1,2	2,3
5	2,5	0,4	1,0	0,3	2,7	0,4	0,3	1,2	3,7
6	2,0	1,1	1,3	0,6	2,1	0,7	0,7	1,0	2,2
7	3,0	0,2	1,2	0,3	11,6	1,0	0,2	1,4	5,7
8	4,0	2,6	2,2	1,0	2,9	1,1	1,1	1,9	2,9
9	3,0	0,2	1,2	0,3	3,4	0,2	0,1	1,5	3,0
10	3,3	0,2	1,3	0,3	5,2	0,3	0,1	1,6	3,8
11	2,5	1,9	2,9	1,6	1,3	1,7	0,4	1,2	2,2
12	10,9	10,9	4,5	1,2	7,4	0,4	0,5	5,4	8,1

Корреляционный анализ не выявил значительной зависимости между содержанием ТМ и агрохимическими свойствами арктических почв. Исключение составили Zn, Co, As, для которых установлено влияние pH на их содержание ( $R^2 > 0,5$ ).

**Выводы.** Таким образом, установлено, что исследованные почвы арктических и субарктических территорий характеризуются различными почвенно-климатическими условиями и отличаются по систематическому положению. Агрохимические свойства поверхностного (0-10 см) слоя этих почв изменяются в широких пределах: гранулометрический состав – от связного песка до тяжело-

го суглинка; pH – от сильно кислых до нейтральных; содержание органического вещества – от очень низкого до высокого; содержание подвижного фосфора – от очень низкого до очень высокого.

Установлено наличие полиметаллического загрязнения арктических почв. К основным поллютантам можно отнести такие ТМ и металлоиды, как: Zn, Cu, Ni, As. Отсутствует загрязнение отобранных почвенных образцов Mn. Ряд накопления ТМ выглядит следующим образом:  $Co > Pb > Cu > Zn > As > Ni > V > Mn$ . Согласно суммарному показателю загрязнения  $Z_c$  исследованные почвы имеют допустимый уровень загрязнения ТМ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Агбалян Е.В. Состояние окружающей среды в Арктике // Успехи современного естествознания. 2011. № 4. С. 74–76.
2. Алексеев А.В. Экологическая геохимия: учебник. М.: Логос, 2000. 627 с.

3. Горячкин С.В., Караваяева Н.А., Таргульян В.О. География почв Арктики: современные проблемы // Почвоведение. 1998. № 5. С. 520–530.
4. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1: 2500000 / Под ред. Г.В. Добровольского, И.С. Урусевской. М.: «Талка+», 2013. 16 с.
5. Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет – 2012»: материалы научной сессии студентов и аспирантов. Ч. 3 / сост. и отв. ред. Н.М. Бызов. Архангельск: С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, 2012. 116 с.
6. Михайлов И.С., Говоруха Л.С. Почвы Земли Франца-Иосифа // Вестник Московского ун-та. Сер. география. 1962. № 6. С. 42–48.
7. Переверзев В.Н., Литвинова Т.И. Почвы морских террас и коренных склонов на побережьях фьордов острова Западный Шпицберген // Почвоведение. 2010. № 3. С. 259–269.
8. Практикум по основам сельского хозяйства: учеб. пособие для биол. спец. пед. интов / Под ред. И.М. Ващенко. Москва: Просвещение, 1982. 399 с.
9. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований. М.: Колос, 2004. 312 с.
10. Почвы СССР / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Мысль, 1979. 380 с.
11. Таргульян В.О., Куликов А.В. Основные черты почв острова Западный Шпицберген // Биологические проблемы Севера: тезисы докладов X Всесоюзного симпозиума. Ч. 1. Магадан, 1983. С. 272–273.
12. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты: методические рекомендации / М.В. Пилюгина и др. Архангельск: ПГУ, 2007. 48 с.

#### REFERENCES

1. Agbalyan E.V. Sostoyanie okruzhayushchei sredy v Arktike [The state of the environment in the Arctic] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2011. no. 4. Pp. 74–76.
2. Alekseenko A.V. Ekologicheskaya geokhimiya: uchebnik [Environmental Geochemistry: textbook]. M., Logos, 2000. 627 p.
3. Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Targul'yan V.O. Geografiya pochv Arktiki: sovremennye problemy [Geography of Arctic soils: current problems] // Pochvovedenie. 1998. no. 5. Pp. 520–530.
4. Karta pochvenno-ekologicheskogo raionirovaniya Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1: 2500000 [Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1: 2500000]. M., «Talka+», 2013. 16 p.
5. Kompleksnaya nauchno-obrazovatel'naya ekspeditsiya «Arkticheskii plavuchii universitet»: materialy nauchnoi sessii studentov i aspirantov. Ch. 3 [The integrated scientific-educational expedition "Arctic Floating University": materials of scientific conference of students and postgraduates. Part 3]. Arkhangelsk, 2012. 116 p.
6. Mikhailov I.S., Govorukha L.S. Pochvy Zemli Frantsa-Iosifa [The Soils of Franz Joseph] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. geografiya. 1962. no. 6. Pp. 42–48.
7. Pereverzev V.N., Litvinova T.I. Pochvy morskikh terras i korennykh sklonov na poberezh'yakh f'ordov ostrova Zapadnyi Shpitsbergen [Soils of marine terraces and indigenous slopes on the coasts and fjords of the island of Spitsbergen] // Pochvovedenie. 2010. no. 3. Pp. 259–269.
8. Praktikum po osnovam sel'skogo khozyaistva: ucheb. posobie dlya biologicheskikh spetsial'nostei pedagogicheskikh institutov [A workshop on the basics of agriculture: handbook for biological specialities of pedagogical institutions]. M., Prosveshchenie, 1982. 399 p.
9. Piskunov A.S. Metody agrokhimicheskikh issledovaniy [Methods of agrochemical research]. M., Kolos, 2004. 312 p.



10. Pochvy SSSR [The soils of the USSR]. М., Mysl', 1979. 380 p.
11. Targul'yan V.O., Kulikov A.V. Osnovnye cherty pochv ostrova Zapadniy Shpitsbergen [The main features of the soils of the island of Spitsbergen] Biologicheskie problemy Severa: tezisy dokladov X Vsesoyuznogo simpoziuma. Ch. 1 [Biological problems of the North: abstracts of X all-Union Symposium. Part 1]. Magadan, 1983. Pp. 272–273.
12. Ekologicheskii biogeokhimicheskii monitoring: kriterii, normativy, koeffitsienty: metodicheskie rekomendatsii / M.V. Pilyugina i dr [Environmental biogeochemical monitoring: criteria, standards and factors: guidelines / M.V. Pilyugina et al.]. Arkhangel'sk, PGU, 2007. 48 p.

---

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Вишнева Юлия Сергеевна* – аспирантка кафедры ботаники, общей экологии и природопользования института естественных наук и технологий САФУ;  
e-mail: Ujka23@ynadex.ru

*Попова Людмила Федоровна* – доктор биологических наук, кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры химии и химической экологии Института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова;  
e-mail: ludap9857@mail.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Vishnevaia Iuliia S.* – post-graduate student of the Chair of Chemistry and Chemical Ecology at the Institute of Natural Sciences and Technologies of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;  
e-mail: Ujka23@ynadex.ru;

*Popova Liudmila F.* – doctor of biological sciences, candidate of chemical sciences, associate professor, professor of the Chair of Chemistry and Chemical Ecology at the Institute of Natural Sciences and Technologies of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;  
e-mail: ludap9857@mail.ru

---

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

*Вишнева Ю.С., Попова Л.Ф.* Оценка экологического состояния и степени загрязнения тяжелыми металлами почв Арктики // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 2. С. 96-104.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-96-104

#### BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

*Iu. Vishnevaia, L. Popova.* Assessment of the environmental status and degree of pollution of Arctic soils by heavy metals // // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 2. pp. 96-104.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-96-104