

УДК 539.16.04

UDC 539.16.04

03.00.00 Биологические науки

03.00.00 BIOLOGICAL SCIENCES

**АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИЛЕЗИИ МНОГОЦВЕТКОВОЙ (*PYLAISSIA POLYANTHA*), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ**

**ANALYSIS OF HEAVY METALS CONTENT IN PYLAISIELLA MOSS (*PYLAISSIA POLYANTHA*) GROWING IN THE CITY OF ROSTOV-ON-DON**

<sup>1</sup>Вардуни Татьяна Викторовна  
д.б.н., вед.н.с.

<sup>1</sup>Varduni Tatiana Viktorovna  
Doctor of Biology, Leading Researcher

<sup>2</sup>Минкина Татьяна Михайловна  
д.б.н., профессор

<sup>2</sup>Minkina Tatiana Mikhailovna  
Doctor of Biology, Professor

<sup>2</sup>Горбов Сергей Николаевич  
к.б.н., с.н.с.

<sup>2</sup>Gorbov Sergei Nikolaevich  
Doctor of Biology, Head of Laboratory

<sup>2</sup>Манджиева Саглар Сергеевна  
к.б.н., с.н.с.

<sup>2</sup>Mandzhieva Saglara Sergeevna  
Doctor of Biology, senior researcher

<sup>3</sup>Омельченко Галина Валентиновна  
к.б.н., ст. преп.

<sup>3</sup>Omelchenko Galina Valentinovna  
Doctor of Biology, Leading Lecturer

<sup>2</sup>Шиманская Елена Игоревна  
к.б.н., с.н.с.

<sup>2</sup>Shimanskaya Elena Igorevna  
Doctor of Biology, Leading Scientist

<sup>2</sup>Вьюхина Алена Александровна  
аспирант

<sup>2</sup>Vjuhina Alena Aleksandrovna  
Postgraduate student

<sup>2</sup>Тагивердиев Сулейман Самидинович  
м.н.с.

<sup>2</sup>Tagiverdiev Suleiman Samidinovich  
Junior Scientist

<sup>2</sup>Сушкова Светлана Николаевна  
н.с.

<sup>2</sup>Sushkova Svetlana Nikolaevna  
researcher

<sup>1</sup>Абрамова Тамара Ивановна  
преподаватель

<sup>1</sup>Abramova Tamara Ivanovna  
lecturer

<sup>2</sup>Колина Евгения Анатольевна  
н.с.

<sup>2</sup>Kolina Evgenia Anatolyevna  
researcher

<sup>1</sup>*Ботанический сад Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>1</sup>*Botanical Garden Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>2</sup>*Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>2</sup>*Academy of Life Sciences Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>3</sup>*Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону*

<sup>3</sup>*Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia*

Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами - важная проблема современного мира. Поиск способов биоиндикации загрязнения тяжелыми металлами является актуальной за счет простоты и доступности метода. Для биоиндикации загрязнения тяжелыми металлами в качестве тест-объектов широко используются листостебельные мхи, обладающие высокой чувствительностью к любому фактору техногенного воздействия. Одной

The problem of environmental contamination by heavy metals is significant problem of urbanization. The search of ways of indication heavy metals pollution becomes actual, because of their simplicity and affordability. A widely used test objects for heavy metals pollution indicators are leafy mosses used for bioindication, because they are highly sensitive to any stress factor. The research shows that bioindication with using leafy mosses as test objects is highly effective method definition of heavy metals pollution.

из возможностей применения биоиндикации загрязнения тяжелыми металлами является индикация загрязнения приземных слоев воздуха. Для биоиндикации загрязнения тяжелыми металлами использовался эпифитный мох (пилезия многоцветковая), произрастающая в различных зонах города Ростова-на-Дону. Показано, что пилезия многоцветковая накапливает в наибольшем количестве следующие элементы группы тяжелых металлов: Zn, Cr, Pb, Sr, Ni, Cu. По величине Кк все аккумулируемые пилезией многоцветковой изученные элементы образуют ряд биологического поглощения  $Zn > Pb > Sr > Cr > V > Ni > Cu > Co$ . В результате исследования установлено, что эпифитный мох (пилезия многоцветковая) может использоваться в качестве индикатора загрязнения тяжелыми металлами в различных загрязненных зонах урбоэкосистем

Ключевые слова: МЕТОД БИОИНДИКАЦИИ, ПИЛЕЗИЯ МНОГОЦВЕТКОВАЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, БРИОФИТЫ

Using of bioindication methods are promising techniques for the assessment of the contamination of ecosystems by heavy metals. Through the use of this method, it is possible indication of pollution of the surface layer of air with heavy metals. The epiphytic moss (*Pylaisia polyantha*) growing in different zones of the city of Rostov-on-Don, was used for the heavy metals pollution biomonitoring of urbosystems. The accumulation features of heavy metals in the epiphytic *pylasiella* moss (*Pylaisia polyantha*) in the territory of the city of Rostov-on-Don have been considered. *pylasiella* moss (*P. polyantha*) accumulates the largest amounts of the following heavy metals: Zn, Cr, Pb, Sr, Ni (Kc to 1.07), and Cu. According to the Kc values, all the studied elements accumulated by *pylasiella* moss form the following series of biological uptake:  $Zn > Pb > Sr > Cr > V > Ni > Cu > Co$ . The results of investigation showed that the epiphytic moss (*Pylaisia polyantha*) can be used as indicator of heavy metals pollution in different polluted zones

Keywords: BIOINDICATION METHOD, PYLAISIELLA MOSS, HEAVY METALS, POLLUTION, BRYOPHITES

## Введение

Известно, что листостебельные мхи эффективно используются в качестве объектов биоиндикации, так как обладают высокой чувствительностью к любым стрессовым воздействиям [10, 12, 16, 19, 20, 22, 24]. Во многих работах [1, 2, 3, 5, 8, 9] показана перспективность использования методов биоиндикации в оценке загрязнения экосистем радионуклидами и тяжелыми металлами. При этом учитывается изменение биохимических и физиологических процессов, биоразнообразие, наличие или отсутствие видов, чувствительных к содержанию в атмосфере конкретных загрязняющих веществ. Способность мохообразных к первичному перехватыванию и аккумулярованию различных химических элементов в связи с возрастом и ростом, экологией видов и особенностями распространения изучены довольно хорошо [5, 7, 10, 19, 20, 24].

Особый интерес представляет биофлора урбанизированных территорий, являющаяся важным элементом городской растительности и

часто используемая для выявления атмосферного загрязнения, биоиндикационного картирования территорий города [14]. Удобство мхов в качестве объекта мониторинговых исследований состоит в том, что они успешно произрастают в условиях сильного атмосферного загрязнения, кроме того аккумуляция элементов у мхов в меньшей степени зависит от климатических условий, чем у лишайников [7, 10].

Ряд исследований [19, 20] посвящены оценке способности отдельных видов мхов накапливать тяжелые металлы, а также установлению различий в сорбции отдельных металлов у различных видов мхов. Известно, что содержание ТМ во мхах определяется рядом факторов: естественным фоном (гомеостаз растений), трансграничным переносом, количеством осадков, влиянием локальных источников загрязнения. У мхов лесного ландшафта накопление ТМ связано как с особенностями антропогенного воздействия, так и с природными факторами (растительностью, типом почв, климатическими характеристиками) [10]. Существуют корреляционные модели, позволяющие осуществлять переход от содержания ТМ в двух видах мха (*Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi*) к абсолютным величинам их содержания в воздухе [20].

Химический состав мхов является информативным показателем для оценки содержания ТМ и других химических элементов в атмосферном воздухе на исследуемых территориях. Мхи, накапливающие токсиканты в побегах, широко распространены и имеют достаточно продолжительный жизненный цикл [10, 12, 16, 23] и часто используются для биоиндикации химического загрязнения атмосферного воздуха [18, 20].

С использованием лесных мхов *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Scleropodium purum*, *Rhitiadel-phussp. il* была осуществлена

биоиндикация атмосферных выпадений ТМ в Калининградской области [9]. Выявлены лучшие индикаторы загрязнения воздушной среды ТМ (*Pleurosium schreberi* и *Hilocomium splendens*), установлена сезонная и межгодовая изменчивость их содержания, биогеохимические особенности накопления атмосферных выпадений ТМ в Калининградской области.

Однако биоиндикация с использованием лесных наземных мхов имеет ряд ограничений: невозможность использования указанных представителей бриофлоры для биоиндикации урбанизированных территорий, затруднительность установления источника загрязнения, различия в аккумуляционных способностях мхов.

Большинство работ [10, 17, 18] по выявлению химического загрязнения атмосферного воздуха выполнено с использованием эпифитных мхов, которые встречаются не только в природных, но и в урбанизированных экосистемах, имеют высокую аккумуляционную способность. Произрастая на коре многолетних деревьев, они практически не соприкасаются с почвой, химические вещества вместе с влагой поглощают только из атмосферного воздуха и являются удобным тест-объектом для биоиндикации и биомониторинга.

Изучение особенностей различных видов мхов (лесных, болотных и эпифитных видов), используемых при мониторинге загрязнения атмосферы показало различия их аккумулятивных свойств. Эпифитные мхи обладают большей аккумулятивной способностью по сравнению с наземными, а наиболее оптимальными тест-объектом для биоиндикации атмосферного воздуха урбанизированных территорий является вид *Pylaisia polyantha* [17]. Эпифитные мхи были использованы для оценки состояния атмосферного воздуха лесных экосистем территорий объекта по хранению

и уничтожению химического оружия (на примере Почепского района Брянской области) [20]. В качестве биоиндикатора успешно использовали эпифитный мох *Pylaisia polyantha*, произрастающий на коре деревьев (чаще всего, тополей) для оценки загрязнения атмосферного воздуха методом нейтронно-активационного анализа [4]. Гидрофит *Fontinalis antipyretica* и эпифит *Pylaisia polyantha* используются для определения уровня содержания Al, Ti, Fe, Cr, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb и редкоземельных элементов (РЗЭ) масс-спектрометрическим методом. При оценке распределения тяжелых металлов в бассейнах малых и средних рек (Вологодская и Костромская области) было показано, что водные мхи хорошие индикаторы наличия редкоземельных элементов, наземные - таких загрязняющих веществ, как Cu, Zn, Se, Pb. В проведенном исследовании по содержанию макроэлементов (Al, Ti, Fe) эпифитные и гидрофитные мхи не различались [6].

### **Объекты и методы исследований**

В настоящем исследовании было осуществлено определение валового содержания тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), произрастающей на растениях тополя (*Populus deltoides*) на 10 площадках г. Ростова-на-Дону, отнесенных к автотранспортной зоне, зоне, сочетающей промышленную и автотранспортную нагрузки и парковой зоне (рис. 1). Фоновая площадка располагалась в относительно чистой зоне Каменского района Ростовской области, с природно-климатическими условиями, одинаковыми с исследуемой в ходе биомониторинга территорией, и удаленной на расстояние более 100 км от промышленных центров.

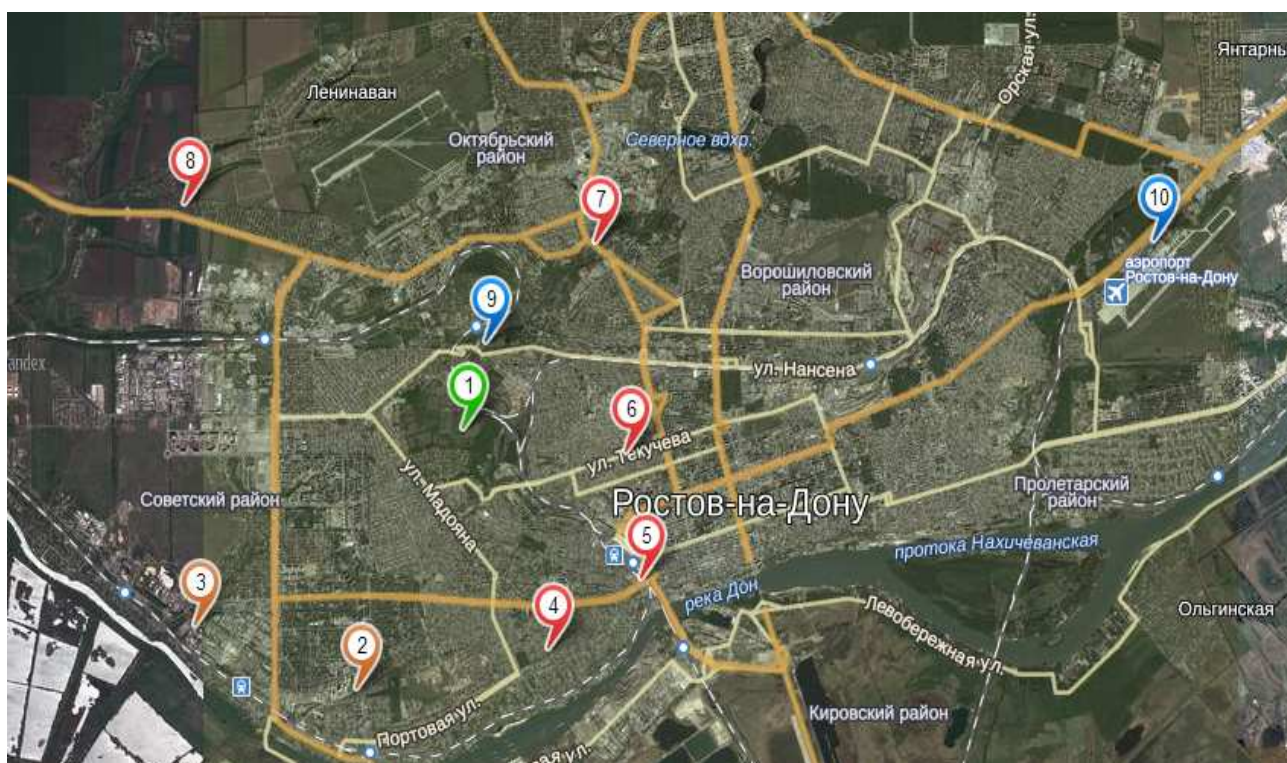


Рисунок 1 - Картосхема расположения площадок биомониторинга

**Автотранспортная зона:** (пл. 9 - Змиевский проезд, пл. 10 – пр. Шолохова); **Промышленная зона:** (пл. 2- ТЭЦ; пл. 3 – ТЭЦ 2, ОАО ГПЗ – 10); **Зоны, сочетающие промышленную и автотранспортную нагрузки** (пл. 4 – ул. Портовая, пл. 5 ул. Сиверса; пл. 6 - пр. Буденовский, пер. Доломановский/ул. Текучева и Мечникова; пл. 7 - ул. Вавилова; пл. 8 - ул. Таганрогское шоссе); **Парково-рекреационная зона** (пл. 1 - Ботанический сад)

На каждой площадке образцы мха собирали с 10 деревьев *Populus deltoides*, расположенных не дальше 10 м друг от друга. Пробы пилезии многоцветковая (*Pylaisia polyantha*) (*Hedw.*) *B.S.G.*, были отобраны с коры тополей на высоте 1,5-2,0 метра на исследуемых площадках города Ростова-на-Дону, что соответствует слою воздуха, которым дышит взрослый человек. Вид пилезия многоцветковая (*Pylaisia polyantha*) - доминирующий эпифитный мох, встречается на всех исследуемых площадках, имеет продолжительный жизненный цикл, высокие аккумулятивные способности.

Анализ содержания тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) проводили с помощью аппарата рентгеновского для спектрального анализа «Спектроскан МАКС-GV

(Паспорт РА5.000.000 ПС к аппарату для спектрального анализа СПЕКТРОСКАН МАКС-GV, 2006. Были определены приоритетные поллютанты, характерные для урболандшафтов Нижнего Дона, такие как Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, As, Sr [11, 13, 15, 21].

Сбор образцов пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), проводили с апреля по октябрь 2010-2012 гг. Валовое содержание тяжелых металлов в пробах мха исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону сравнивали с валовым содержанием тяжелых металлов в «фоновых» мхах.

Рассчитывали коэффициент концентрирования ( $K_k$ ) для ряда элементов тяжелых металлов как:  $K_k = K_{\text{э}}/K_{\text{ф}}$ , где  $K_{\text{э}}$ - содержание элемента тяжелого металла в пробе;  $K_{\text{ф}}$ - содержание элемента в фоновых пробах.

Рассчитывали суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону как:  $Z_c = \sum K_k - (n-1)$ ; где  $K_k$ - коэффициент концентрирования элементов тяжелых металлов во мхах, для которых этот коэффициент  $>1$ ,  $n$  - число учитываемых элементов тяжелых металлов, для которых  $K_k >1$ .

### Результаты и их обсуждение

Результаты определения валового содержания тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) представлены в таблице 1.

Коэффициент концентрирования  $K_k$  и суммарный коэффициент загрязнения  $Z_c$  исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону представлены в таблице 2.

Превышение фонового уровня отмечено для цинка от 1,2 до 5,9 раз, для стронция от 1,2 до 2,7 раз, для свинца от 1,2 до 3,1 раз. В остальных случаях превышение незначительны (V, Cr), либо зафиксированы значения ниже фоновых (фоновые значения для Cu – 46,57 ppm, для Ni – 58,67 ppm).

Таблица 1 - Валовое содержание тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой (*Pyralisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону, ppm

Площадка	Тяжелые металлы (ppm)								
	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb
Фон оная	27,39± 1,78	47,8±3, 11	-	58,67± 3,81	46,57± 3,03	228,76± 14,87	-	184,67± 12	84,23± 5,47
1	21,48± 1,39	55,37± 3,59**,	-	63,27± 4,11**	36,61± 2,36**	640,24± 41,62**	43,47± 2,83**,	245,06± 15,92**	203,04 ±13,19 **,
2	57,01± 3,71** ,++	125,39 ±8,15* *,++	4,29± 0,28* *,++	30,81± 2**,++	36,11± 2,34** ,++	302,77± 19,68** ,++	32,053 ±2,08* *,++	419,82± 27,29** ,++	139,60 ±9,07* *,++
3	43,03± 2,79** ,++	102,98 ±6,69* *,++	-	57,90± 3,76** ,++	30,47± 1,98** ,++	705,38± 45,85** ,++	33,264 ±2,16* *,++	179,45± 11,66** ,++	148,39 ±9,65* *,++
4	54,83± 3,56** ,++	76,49± 4,97**, ++	-	39,35± 2,56** ,++	40,44± 2,63** ,++	340,7±2 2,15**, ++	22,74± 1,48**, ++	495,4±3 2,2**,+ +	88,95± 5,78**, ++
5	42,67± 2,77** ,++	75,91± 4,93**, ++	-	43,76± 2,84** ,++	22,29± 1,44** ,++	201,7±1 3,11**, ++	21,94± 1,43**, ++	244,9±1 5,91**, ++	86,95± 5,56**, ++
6	51,08± 3,32** ,++	76,62± 4,98**, ++	-	56,01± 3,64** ,++	36,07± 2,34** ,++	444,8±2 8,91**, ++	24,58± 1,59**, ++	223,5±1 4,53**, ++	101,6± 6,6**,+ +
7	32,85± 2,14** ,++	82,77± 5,38**, ++	-	50,11± 3,28** ,++	47,30± 3,07** ,++	338,4±2 1,99**, ++	54,35± 3,53**, ++	95,12±6 ,1**,++	262,6± 17,7**, ++
8	35,18± 2,29** ,++	59,86± 3,89**, ++	-	53,08± 3,45** ,++	27,24± 1,77** ,++	808,3±5 2,54**, ++	25,96± 1,68**, ++	281,8±1 8,31**, ++	108,3± 7,04**, ++
9	34,37± 2,23** ,++	72,97± 4,74**, ++	0,26± 0,02* *,+	37,28± 2,42** ,++	39,73± 2,58** ,++	281,7±1 8,31**, ++	34,14± 2,21**, ++	165,9±1 0,78**, ++	153,5± 9,98**, ++
10	52,0±3 ,38**, ++	63,13± 4,1**,+ +	-	46,90± 3,05** ,++	31,88± 2,07** ,++	1354±8 8,01**, ++	33,75± 2,19**, ++	298,78± 19,42** ,++	149,61 ±9,72* *,++

\*\*P<0,01; — уровни значимости различий экспериментальных выборок с фоном

++P<0,01; — уровни значимости различий экспериментальных выборок с относительным контролем:

Автотранспортная зона: (пл. 9 – Змиевский проезд, пл. 10 – пр. Шолохова);  
Промышленная зона: (пл. 2 – ТЭЦ; пл.3 – ТЭЦ 2, ОАО ГПЗ – 10); Зоны, сочетающие промышленную и автотранспортную нагрузки (пл.4 – ул. Портовая, пл. 5 - ул. Сиверса; пл. 6 – пр. Буденовский, пер Доломановский/ул. Текучева и Мечникова; пл. 7



– ул. Вавилова; пл.8 –Таганрогское шоссе); Парково-рекреационная зона (пл.1 – Ботанический сад)

Таблица 2 - Коэффициент концентрирования (Кк) и суммарный коэффициент загрязнения Zc исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону

Площадка	Кк									Zc.	Категория загрязнения
	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb		
1	0,8	1,2	-	1,1	0,8	2,8	-	1,3	2,4	4,8	допустимая
2	2,1	2,6	4,3	0,5	0,8	1,3	-	2,3	1,6	9,2	допустимая
3	1,6	2,2	-	0,98	0,7	3,7	--	0,97	1,8	6,3	допустимая
4	2,0	1,6	-	0,7	0,9	1,5	-	2,7	1,0	4,8	допустимая
5	1,6	1,6	-	0,8	0,5	0,9	-	1,3	1,0	2,5	допустимая
6	1,9	1,6	-	0,9	0,8	1,9	-	1,2	1,2	3,8	допустимая
7	1,2	1,7	-	0,9	1,0	1,5	-	0,5	3,1	4,5	допустимая
8	1,3	1,3	-	0,9	0,6	3,5	-	1,5	1,3	4,9	допустимая
9	1,2	1,5	0,3	0,6	0,9	1,2	-	0,9	1,8	2,7	допустимая
10	1,9	1,3	-	0,8	0,7	5,9	-	1,6	1,8	8,5	допустимая

В пробах из всех районов, кроме Советского (площадка 2) и Октябрьского (площадка 8), обнаружены следовые значения Co. Ряд Кк для тяжелых металлов, концентрация которых достоверно превышает фоновую, выглядит следующим образом: Ленинский район (Кк)  $V > Cr > Sr > Zn > Pb$ ; Советский район (Кк)  $Co > Zn > Sr > Pb > Cr > V$ ; Железнодорожный район (зафиксированы высокие показатели по Sr (Кк 2,7), Cr (Кк 2,2), V(Кк 2,0), Zn (Кк 1,5)), (Кк)  $Sr > Cr > V > Zn$ ; Октябрьский район (Кк)  $Zn > Pb > Cr > V > Co$ ; Первомайский район (Кк)  $Zn > V > Pb > V > Sr > Cr$ .

Таким образом, пилезия многоцветковая (*Pyralisia polyantha*) в наибольшем количестве накапливает следующие элементы группы тяжелых металлов: Zn (Кк от 1,2 до 5,9), Cr (Кк от 1,2 до 2,6), Pb (максимальный Кк – 3,1), Sr (максимальный Кк – 2,7), Ni (максимальный Кк -1,07), Cu (максимальный Кк -1,0). По величине Кк все

аккумулялируемые пилезией многоцветковой изученные элементы образуют ряд биологического поглощения  $Zn > Pb > Sr > Cr > V > Ni > Cu > Co$ .

### **Заключение**

Определение валового содержания тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) позволило оценить ее аккумулятивную способность в природных условиях и экологическое состояние районов исследования, используя спектрометрический анализ. Максимальный суммарный коэффициент загрязнения наблюдался в промышленной зоне (районы ТЭЦ и ТЭЦ 2 и ОАО ГПЗ-10). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования пилезии многоцветковой для биомониторинговых исследований.

Таким образом, оценка аккумулятивной способности пилезии многоцветковой по отношению к тяжелым металлам в условиях урбанизированной экосистемы показала, что по величине коэффициента концентрирования (Кк) все изученные тяжелые металлы образуют ряд:  $Zn > Pb > Sr > Cr > V > Ni > Cu > Co$ . Максимальные значения Кк установлены для  $Zn - 5,9$ ,  $Pb - 3,1$ ,  $Sr - 2,7$ .

### **Благодарности**

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Высокие технологии» RFMEFI59414X0002, ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» Южного федерального университета. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 1894, Российского фонда фундаментальных исследований № 14-05-00586, а также Гранта Президента № МК-6448.2014.4.

### Список литературы

1. Афанасьев Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков. – М.: Изд-во МНЗПУ, 2001. – С. 334.
2. Ашихмина Т. Я. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров, 2009. – С.336.
3. Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я., Менялин С. А., Мамаева Ю. И., Новикова Е. А. Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области // Теоретическая и прикладная экология, 2010. - С. 57-63.
4. Безель В. С., Жуйкова Т. В. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов надземной фитомассой травянистой растительности // Экология. 2007. № 4.- С. 259–267.
5. Вардуни, Т.В. Разработка и внедрение в практику новых методов биоиндикации токсичности приземного слоя воздуха промышленных центров /Шиманская Е.И., Бураева Е.А., Симонович Е.И., Триболина А.Н., Рыбалко Д.А. //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8 – стр. 156-157.
6. Даувальтер В. А. Мониторинг загрязнения реки Печоры // Современные экологические проблемы Севера. Мат-лы междунар. конф. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. Ч. 1.- С. 169–171.
7. Дунаева Т. А. Лишайники Пензенской области и возможности их применения в мониторинге природных сред. Автореферат кандидатской диссертации, Пенза, 2012
8. Иванов В.Б., Быстрова Е. И., Серегин И. В. Сравнение влияния металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 3. - С. 445-454.
9. Колупаев Ю. Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Сер. Биология. 2007. Вып. 3(12). -С. 6-26.
10. Королева Ю.В Использование мхов *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi* для оценки абсолютных выпадений тяжелых металлов в Калининградской области / Ю.В. Королева // Вестн. Рос. гос. ун-та. 2006. №7. – С. 29-34.
11. Манджиева С.С., Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Головатый С.Е., Мирошниченко Н.Н., Лукашенко Н.К., Фатеев А.И. Фракционно-групповой состав соединений цинка и свинца как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. 2014. № 5. с. 632–640
12. Марадудин И.И., Панфилов А.В., Шубин В.А. Основы прикладной радиоэкологии леса / М.: ВНИИЛМ. 2001. – С.224.
13. Минкина Т.М., Пинский Д.Л., Манджиева С.С., Бауэр Т.В., Сушкова С.Н., Кушнарева А.В. Влияние сопутствующего аниона на баланс катионов в системе почва-раствор (на примере чернозема обыкновенного) // Почвоведение. 2014. № 8. С 932-940.
14. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МГУЛ, 1999. – С. 193.
15. Пинский Д.Л., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Федоров Ю. А., Бауэр Т. В., Невидомская Д.Г. Особенности поглощения Cu(II), Pb(II) и Zn(II) черноземом обыкновенным из растворов нитратов, хлоридов и сульфатов // Почвоведение. 2014. № 1. С. 22-29.
16. Речевська Н. Нагромадження та внутрішньоклітинний розподіл важких металів у мохах. Висник Львівського університету, серія біологія. 2002. Вип. 29.- С. 204-210.

17. Рыжакова Н. К., Бабешина Л.Г., Рогова Н.С. Изучение аккумуляционной способности сфагновых мхов по отношению к долгоживущим изотопам. // Химия растительного сырья. 2011. №1. С. 163-167.

18. Рыжакова Н. К., Рогова Н. С., Борисенко А. Л., Меркулов В. Г. Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов. Патент на изобретение № 2463584 от 2011 г.

19. Серебрякова Н. Н. Эколого-биологические особенности листостебельных мхов и использование их в экологическом мониторинге / автореферат, 2009.

20. Шматова Л. М. Бриоиндикация состояния лесных экосистем района опасных техногенных объектов / автореферат, 2012. С. 23.

21. Bauer T.V., Minkina T.M., Sushkova S.N., Kizilkaya R., Mandzhieva S.S., Aşkin T., Burachevskaya M.V., Nevidomskaya D.G., Gimp A.V., Kolina E.A. Effects of lead income form on the mechanism of its interaction with the surface of soil particles // Сборник трудов Третьего Международного молодежного симпозиума «Физика бессвинцовых пьезоактивных и родственных материалов. (Анализ современного состояния и перспективы развития)» («LFPM-2014»). 2-6 сентября 2014 г., г. Ростов-на-Дону – г. Туапсе. 2014. Выпуск 3. Том I. С. 21-24.

22. Harry Harmensa Temporal trends in the concentration of arsenic, chromium, copper, iron, nickel, vanadium and zinc in mosses across Europe between 1990 and 2000. *Atmospheric Environment* 41 (2007). P. 6673–6687.

23. Puckett M.B., Black J.K. *Authentic assessment of the young child: celebrating development and learning* (2nd ed.). Des Moines, IA: Prentice-Hall Inc. 2008.

24. Varduny, T. Anthocyanin-dependent anoxygenic photosynthesis in coloured flower petals? /Lysenko, V.// *Scientific Reports*, Volume 3, Article Number 3373; DOI:10.1038/srep03373 (2013)

## References

1. Afanasyev Yu. A. Monitoring i metody kontrolya okruzhayushchey sredy / Yu.A. Afanasyev, S.A. Fomin, V.V. Menshikov. – M.: Izd-vo MNZPU, 2001. – S. 334.

2. Ashikhmina T. Ya. Bioindikatory i biotestsistemy v otsenke okruzhayushchey sredy tekhnogennykh territoriy. Kirov, 2009. – S.336.

3. Ashikhmina T. Ya., Kantor G. Ya., Menyalin S. A., Mamayeva Yu. I., Novikova Ye. A. Ekologicheskii kontrol i monitoring okruzhayushchey prirodnoy sredy v rayone obyektu unichtozheniya khimicheskogo oruzhiya «Maradykovskiy» Kirovskoy oblasti // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2010. - С. 57-63.

4. Bezel V. S., Zhuykova T. V. Khimicheskoye zagryazneniye sredy: vynos khimicheskikh elementov nadzemnoy fitomassoy travyanistoy rastitelnosti // *Ekologiya*. 2007. № 4.- S. 259–267.

5. Varduni, T.V. Razrabotka i vnedreniye v praktiku novykh metodov bioindikatsii toksichnosti prizemnogo sloya vozdukhа promyshlennykh tsentrov /Shimanskaya Ye.I., Burayeva Ye.A., Simonovich Ye.I., Tribolina A.N., Rybalko D.A. // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. – 2013. – № 8 – str. 156-157.

6. Dauvalter V. A. Monitoring zagryazneniya reki Pechory // *Sovremennyye ekologicheskiye problemy Severa. Mat-ly mezhdunar. konf. Apatity: Izd. KNTs RAN*, 2006. Ch. 1.- S. 169–171.

7. Dunayeva T. A. Lishayniki Penzenskoy oblasti i vozmozhnosti ikh primeneniya v monitoringe prirodnykh sred. Avtoreferat kandidatskoy dissertatsii, Penza, 2012

8. Ivanov V.B., Bystrova Ye. I., Seregin I. V. Sravneniye vliyaniya metallov na rost kornya v svyazi s problemoy spetsifichnosti i izbiratelnosti ikh deystviya // Fiziologiya rasteniy. 2003. T. 50. № 3. - S. 445-454.

9. Kolupayev Yu. Ye. Aktivnyye formy kisloroda v rasteniyakh pri deystvii stressorov: obrazovaniye i vozmozhnyye funktsii // Vestnik Kharkovskogo natsionalnogo agrarnogo universiteta. Ser. Biologiya. 2007. Vyp. 3(12). -S. 6-26.

10. Koroleva Yu.V Ispolzovaniye mkhov *Hylocomium splendens* i *Pleurozium schreberi* dlya otsenki absolyutnykh vypadeniy tyazhelykh metallov v Kaliningradskoy oblasti / Yu.V. Koroleva // Vestn. Ros. gos. un-ta. 2006. №7. – S. 29-34.

11. Mandzhiyeva S.S., Minkina T.M., Motuzova G.V., Golovatyy S.E., Miroshnichenko N.N., Lukashenko N.K., Fateyev A.I. Fraktsionno-gruppovoy sostav soyedineniy tsinka i svintsa kak pokazatel ekologicheskogo sostoyaniya pochv // Pochvovedeniye. 2014. № 5. s. 632–640

12. Maradudin I.I., Panfilov A.B., Shubin V.A. Osnovy prikladnoy radioekologii lesa / M.: VNIILM. 2001. – S.224.

13. Minkina T.M., Pinskiy D.L., Mandzhiyeva S.S., Bauer T.V., Sushkova S.N., Kushnareva A.V. Vliyaniye sopotstvuyushchego aniona na balans kationov v sisteme pochva-rastvor (na primere chernozema obyknovennogo) // Pochvovedeniye. 2014. № 8. S 932-940.

14. Nikolayevskiy V. S. Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredy i sostoyaniya nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsin. M.: MGUL, 1999. – S. 193.

15. Pinskiy D.L., Minkina T. M., Mandzhiyeva S. S., Fedorov Yu. A., Bauer T. V., Nevidomskaya D.G. Osobennosti pogloshcheniya Su(II), Pb(II) i Zn(II) chernozemom obyknovennym iz rastvorov nitratov, khloridov i sulfatov // Pochvovedeniye. 2014. № 1. S. 22-29.

16. Rechevska N. Nagromadzhennaya ta vnutrishnoklitiniy rozpodilioniv vazhkiikh metalliv u mokhakh. Visnik Lvovskogo universiteta, seriya biologiya.2002. Vyp.29.- S.204-210.

17. Ryzhakova N. K., Babeshina L.G., Rogova N.S. Izucheniye akkumulyatsionnoy sposobnosti sfagnovykh mkhov po otnosheniyu k dolgozhivushchim izotopam. // Khimiya rastitelnogo syrya. 2011. №1.– S. 163-167. Clemens Reimann .The biosphere: A homogeniser of Pb-isotope signals Applied Geochemistry 23 .2008. –P.705–722.

18. Ryzhakova N. K., Rogova N. S., Borisenko A. L., Merkulov V. G. Sposob otsenki zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа tyazhelymi metallami i drugimi khimicheskimi elementami s pomoshchyu epifitnykh mkhov. Patent na izobreteniyе № 2463584 ot 2011 g.

19. Serebryakova N. N.Ekologo-biologicheskkiye osobennosti listoste-belnykh mkhov i ispolzovaniye ikh v ekologicheskom monitoringe/ avtoreferat, 2009.

20. Shmatova L. M. Brioidikatsiya sostoyaniya lesnykh ekosistem rayona opasnykh tekhnogennykh obyektov / avtoreferat, 2012. S. 23.

21. Bauer T.V., Minkina T.M., Sushkova S.N., Kizilkaya R., Mandzhiyeva S.S., Aşkin T., Burachevskaya M.V., Nevidomskaya D.G., Gimp A.V., Kolina E.A. Effects of lead income form on the mechanism of its interaction with the surface of soil particles // Sbornik trudov Tretyego Mezhdunarodnogo molodezhnogo simpoziuma «Fizika bessvintsovykh pyezoaktivnykh i rodstvennykh materialov. (Analiz sovremennogo sostoyaniya i perspektivy razvitiya)» («LFPM-2014»). 2-6 sentyabrya 2014 g., g. Rostov-na-Donu – g. Tuapse. 2014. Vypusk 3. Tom I. S. 21-24.

22. Harry Harmensa Temporal trends in the concentration of arsenic, chromium, copper, iron, nickel, vanadium and zinc in mosses across Europe between 1990 and 2000. Atmospheric Environment 41 (2007). R. 6673–6687.

23. Puckett M.B., Black J.K. Authentic assessment of the young child: celebrating development and learning (2nd ed.). Des Moines, IA: Prentice-Hall Inc. 2008.

24. Varduny, T. Anthocyanin-dependent anoxygenic photosynthesis in coloured flower petals. /Lysenko, V.// Scientific Reports, Volume 3, Article Number 3373; DOI:10.1038/srep03373 (2013)