

УДК 581.9

С.Г. Нестерова, И.Г. Панькив

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

E-mail: Irina670767@mail.ru

Анализ содержания тяжелых металлов в почве и мхах окрестности города Курчатова

В данной статье рассматривается содержание тяжелых металлов на примере трех наиболее распространенных видов мха: *Brachythecium rivulare*, *Fontinalis antipyretica*, *Cratoneurum filicinum*. Показаны данные о содержании тяжелых металлов в почве исследованной территории, где собирались образцы мхов. Приводятся сравнительные данные о предельно допустимых концентрациях тяжелых металлов в мире (на примере нескольких стран) и медиальных значениях содержания тяжелых металлов в мхах исследованной территории и в других странах.

Ключевые слова: мхи, тяжелые металлы, предельно допустимые концентрации, медиальные значения.

С.Г. Нестерова, И.Г. Панькив

Курчатов қаласы төңірегінің жер қыртысы мен мүктерінде кездесетін ауыр металдар мөлшерін анықтауға жүргізілетін талдау

Бұл мақалада, мысал ретінде *Brachythecium rivulare*, *Fontinalis antipyretica*, *Cratoneurum filicinum* сияқты мүктің ең көп тараған үш түрінің құрамындағы ауыр металдар мөлшері қарастырылады. Мүк үлгілерін жинаған зерттеу аймағының жер қыртысындағы ауыр металдар мөлшері жайлы мәліметтер келтіріледі. Сонымен қатар мақалада әлемде (бірнеше елді мысалға ала отырып) ауыр металдардың шекті ұйғарынды шоғырлануы және зерттелген аймақ пен басқа да елдерде кездесетін мүктердегі ауыр металдар мөлшерінің ортаңғы мәні жайлы салыстырмалы мәліметтер келтіріледі.

Түйін сөздер: мүктер, ауыр металдар, шекті ұйғарынды шоғырлану, ортаңғы мәндер.

S.G. Nesterova, I.G. Pankiv

Analysis of content of heavy metals in soil and mosses, the surroundings of kurchatov town

This article discusses the contents of heavy metals on the example of the three most common types of moss: *Brachythecium rivulare*, *Fontinalis antipyretica*, *Cratoneurum filicinum*. Contains data on the content of heavy metals in the soil of the explored territory where the samples were gathered moss. Also the article contains comparative data on maximum permissible concentrations of heavy metals in the world (on the example of several countries) and medial values of the content of heavy metals in mosses in the surveyed territory and other countries.

Keywords: mosses, heavy metals, maximum allowable concentration, medial values.

Исследования видового состава, экологических особенностей и биоиндикационных свойств мохообразных в Восточном Казахстане находятся лишь на начальных этапах своего развития. Сегодня исследования мохообразных особенно приобретают актуальность в связи с их способностью накапливать тяжелые металлы.

Загрязнение окружающей среды – это один из первоочередных вопросов современного человечества. Одним из наиболее существенных факторов загрязнения среды являются химические вещества, которые способны вызвать нарушения и разрушения биосферы. К числу особенно опасных загрязнителей химического характера отно-

сятся тяжелые металлы. Тяжёлые металлы – это группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом (больше 50) либо плотностью. Для них характерны высокая токсичность, мутагенный и канцерогенный эффекты [1].

Важной особенностью металлов является то, что они относятся к классу не специфических веществ, которые в “норме” присутствуют в биосфере, в отличие от специфических загрязнителей (таких, как пестициды или бензапирен), чуждых геохимическому фону. Природное либо техногенное нарушение региональной (ферм) или локальной (фон) “нормы” может вызвать не только прямое токсическое воздействие, но и отдаленные генетические последствия в виде нарушения воспроизводства и биопродуктивности популяции, т.е. проявиться на уровне биоценозов [2]. Также тяжелые металлы опасны тем, что способны накапливаться в живых организмах и передаваться по пищевым цепям. Таким образом, в зоне особой опасности находится человек, который, как правило, возглавляет эти цепи, а следовательно, получает наибольшее количество токсичных веществ [3]. В связи с вышеуказанными причинами возникает необходимость в регулярном контроле за состоянием атмосферного воздуха на предмет содержания тяжелых металлов и других токсичных элементов для оценки загрязнения. Исходя из мирового опыта, для биоиндикационных целей достаточно хорошо подходят мохообразные [4, 5, 6, 7,

8]. С целью определения содержания тяжелых металлов в мхах нами проводились исследования в окрестностях города Курчатова в районе площадки Дегелен. Курчатов – город в Восточно-Казахстанской области (ВКО) Казахстана, расположен на левом берегу реки Иртыш, между городами Семей и Павлодар. Курчатов – бывший центр закрытого в 1991 году Семипалатинского ядерного полигона. Дегелен – низкогорный массив на территории, административно относящейся к городу Курчатову (Семипалатинский ядерный полигон) Восточно-Казахстанской области. Данный регион расположен в восточной части Казахского мелкосопочника [9]. Исследуемый нами восточный регион Казахстана в связи с преобладанием цветной металлургии и добывающей промышленности, а также в результате радиационного воздействия 40-летних испытаний, произведенных на бывшем Семипалатинском ядерном полигоне, является одним из наиболее экологически неблагополучных регионов Республики Казахстан. Правительством Республики Казахстан изучаемый регион (ныне Восточно-Казахстанская область) объявлен зоной экологического бедствия [10]. На исследованной территории было проведено определение содержания тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектрометрии во мхах и почве, где они были собраны (таблица 1). Для исследований были выбраны три вида мха: *Brachythecium rivulare*, *Fontinalis antipyretica*, *Cratoneurum filicinum* – наиболее распространенные в данной

Таблица 1 - Средние значения содержания тяжелых металлов в мхах и почве окрестности города Курчатова

Вид мха	Содержание тяжелых металлов, мкг/г								
	Ni	Sr	Cd	Co	Mn	Fe	Cu	Pb	Zn
<i>Brachythecium rivulare</i>	19,95 +/- 0,8	76,85 +/- 2	0,75 +/- 0,019	5,2 +/- 0,2	70,4 +/- 2,9	11210 +/- 128	9,25 +/- 0,4	12,6 +/- 0,55	99 +/- 3,79
Почва (под <i>Brachythecium rivulare</i>)	25,8 +/- 1,1	41,4 +/- 1,9	0,4 +/- 0,01	10 +/- 0,44	460 +/- 19,1	9895 +/- 346	5,7 +/- 0,2	13,68 +/- 0,54	64,8 +/- 3
<i>Cratoneurum filicinum</i>	17,10 +/- 0,73	47,7 +/- 1,98	0,6 +/- 0,01	6,5 +/- 0,3	770 +/- 35	19470 +/- 321	6,5 +/- 0,18	9,45 +/- 0,31	72 +/- 2,85
<i>Fontinalis antipyretica</i>	42,75 +/- 2	47,7 +/- 1,98	0,45 +/- 0,014	8,45 +/- 0,31	1155 +/- 37,5	18290 +/- 246,7	8,875 +/- 0,32	20,475 +/- 0,87	83,5 +/- 3,17
Почва (под <i>Cratoneurum filicinum</i> и <i>Fontinalis antipyretica</i>)	36,92 +/- 1,62	41,4 +/- 1,92	0,33 +/- 0,01	11,2 +/- 0,18	520 +/- 21,35	13200 +/- 347,5	6,9 +/- 0,285	14,74 +/- 0,548	63,8 +/- 2,46

местности. Исследования проводились на содержание следующих элементов: Ni, Sr, Cd, Co, Mn, Fe, Cu, Pb, Zn. В таблице 1 представлены средние значения содержания тяжелых металлов, сделанные на основе четырех проб для каждого образца мхов, а также почвы.

Из данных таблицы 1 видно, что разные виды мхов проявляют различную избирательную способность в накоплении тяжелых металлов. Так, например, *Brachythecium rivulare* в большей степени накапливает следующие элементы: Sr, Cd, Cu, Zn; *Cratoneurum filicinum* показал наибольшие показатели по железу (Fe); *Fontinalis antipyretica* имеет самые высокие показатели по никелю (Ni), кобальту (Co), марганцу (Mn) и свинцу (Pb). Сравнение средних (медиальных) показателей содержания тяжелых металлов во мхах с медиальными показателями в образцах

почвы дает возможность обнаружить и проанализировать различия в них и сделать соответствующие заключения. *Brachythecium rivulare* из девяти исследуемых элементов проявил тенденцию к накоплению 5 из них относительно к показателям почвы, а именно стронция – 76,85 мкг/г, что на 35,45 мкг/г превышает почвенные показатели; кадмия – 0,75, превышая содержание в почве на 0,35 мкг/г; меди – 9,25 мкг/г, больше на 3,55 мкг/г; цинка – 99 мкг/г, больше на 34,2 мкг/г. *Cratoneurum filicinum* из 9 показателей преобладает в 5 случаях по отношению к почвенным: содержание стронция выше на 6,3 мкг/г, кадмия – на 0,27 мкг/г, марганца – на 250 мкг/г, железа – на 6270 мкг/г, цинка – на 8,2 мкг/г. *Fontinalis antipyretica* в большей степени накапливает 8 элементов из 9, содержание их во мхе преобладает над почвой по следующим показателям: ни-

Таблица 2 - Медиальные значения содержания тяжелых металлов в образцах почвы г. Курчатова (Дегелен)

Проба почвы	Содержание тяжелых металлов, мкг/г								
	Ni	Sr	Cd	Co	Mn	Fe	Cu	Pb	Zn
Почва (для <i>Brachythecium rivulare</i>)	25,8	41,4	0,4	10	460	9895	5,7	13,68	64,8
Почва (для <i>Cratoneurum filicinum</i> и <i>Fontinalis antipyretica</i>)	36,92	41,4	0,33	11,2	520	13200	6,9	14,74	63,8
Медиальные значения	31,36	41,4	0,365	10,6	490	11548	6,3	14,21	64,3

Таблица 3 - Медиальные значения содержания тяжелых металлов в образцах мхов г. Курчатова (Дешелен)

Проба мха	Содержание тяжелых металлов, мкг/г								
	Ni	Sr	Cd	Co	Mn	Fe	Cu	Pb	Zn
<i>Brachythecium rivulare</i>	19,95	76,85	0,75	5,2	70,4	11210	9,25	12,6	99
<i>Cratoneurum filicinum</i>	17,10	47,7	0,6	6,5	770	19470	6,5	9,45	72
<i>Fontinalis antipyretica</i>	42,75	47,7	0,45	8,45	1155	18290	8,875	20,475	83,5
Медиальные значения	26,6	57,417	0,6	6,717	665,13	16323	8,21	14,175	84,83

Таблица 4 - Сравнение медиального содержания некоторых элементов тяжелых металлов в почвах г. Курчатова (Дегелен), ВКО с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) [6, 11]

Элемент	ПДК почвы, мг/кг	Пробы почвы окрестностей г. Курчатова (медиальные значения, мг/кг)
Pb	30	14,21
Co	100	10,6
Cu	100	6,3
Ni	100	31,36
Zn	100	64,3
Mn	1500	490
Sr	-	41,4

кель – на 5,83 мкг/г, стронций – на 6,3 мкг/г (так же, как и *Cratoneurum filicinum*), кадмий – на 0,12 мкг/г, марганец – на 635 мкг/г, железо – на 5090 мкг/г, медь – на 1,975 мкг/г, свинец – на 5,735 мкг/г, цинк – на 19,7 мкг/г.

В ходе проведения исследований нами были рассчитаны медиальные величины содержания тяжелых металлов в почве (таблица 2) и образ-

цах мхов (таблица 3). Для подведения итогов проделанной работы возникла необходимость сравнения полученных данных с результатами других стран (таблица 4, 5).

Из таблицы 4 видно, что по всем показателям уровень содержания тяжелых металлов на исследованной территории окрестности г. Курчатова не превышает предельно допустимых концентраций.

Таблица 5 - Сравнение медиального содержания некоторых элементов тяжелых металлов в мхах г. Курчатова (Дегелен), ВКО с содержанием в других странах [5]

Страна	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Белоруссия	0,29	4,40	649	1,93	8,15	34,6
Эстония	0,18	3,59	371	1,21	6,91	32,7
Финляндия	0,17	4,45	275	4,65	5,69	37,5
Германия	0,29	9,4	447	1,65	7,75	53,9
Латвия	0,17	3,79	362	1,07	6,83	30,1
Литва	0,19	5,82	576	1,76	11,4	39,2
Норвегия	0,13	5,17	331	1,62	5,80	37,7
Польша	0,44	7,60	362	1,44	13,6	43,0
Россия, Калининградская область [5]	0,29	5,26	487	1,73	7,61	36,2
Швеция	0,19	4,54	182	1,11	6,03	39,9
Курчатова, ВКО	0,6	8,21	16323	26,6	14,175	84,83

По данным таблицы 5 видно, что содержание тяжелых металлов в мохообразных собранных в окрестности города Курчатова во много раз превосходят показатели других стран по всем шести указанным элементам. Наиболее отличительны эти показатели по содержанию таких элементов, как железо, содержание которого (16323 мг/кг) превосходит наибольший показатель среди данных из других стран (Белорусия – 649 мг/кг) на 15674 мг/кг; никель – 26,6 мг/кг, превышает показатели из Финляндии (4,65 мг/кг) более чем в 5 раз (на 21,95 мг/кг); цинк – 84,83 мг/кг, на 30,93 мг/кг больше показателей из Германии – 53,9 мг/кг. Содержание свинца (14,175 мг/кг) приближено к показателю из Польши (13,6 мг/кг) и лишь немного превышает его на 0,575 мг/кг. Содержание меди в исследованных образцах (8,21 мг/кг) превышает некоторые значения из других стран, но ниже медиального содержания элемента в мхах Германии (9,4 мг/кг) на 1,19 мг/кг.

Подводя итог проведенных нами исследований, можно сделать следующие выводы: 1) со-

держание тяжелых металлов в мхах, в подавляющем большинстве случаев, значительно выше, чем в почве, что подтверждает их накапливающую способность; 2) среди рассмотренных видов мхов наибольшие накопительные и биоиндикационные результаты показал *Fontinalis antipyretica*, из 9 исследованных элементов по отношению к почве он в большей степени накапливает 8 из них; 3) содержание тяжелых металлов в почве на исследованных территориях не превышает предельно допустимых концентраций и даже гораздо ниже их; 4) по шести рассмотренным элементам (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) медиальное содержание их в мхах г. Курчатова превышает показатели в других странах по 5 элементам, в довольно большом диапазоне, что свидетельствует о более высоком уровне загрязнения атмосферных выпадений в данной местности по сравнению со странами Европы и исходя из сведений о ПДК в почве – высокой поглощательной способностью мха в накоплении и перехвате этих элементов.

Литература

- 1 Тяжелые металлы// <http://ru.wikipedia.org/wiki/> - 18.08.2013 г.
- 2 Бычинский В.А. Геохимические аспекты токсичности элементов// Геохимия техногенеза: Тез. докл./ I Всесоюз.совещ. – Иркутск, 1985. - Т. 1. - С. 120-123.
- 3 Милащенко Н.З. Программа исследований тяжелых металлов в географической сети опытов со средствами химизации// Химия в сел.хоз-ве. – М., 1995. - №4. - С. 4-7.
- 4 Ермакова Е.В. Совершенствование системы мониторинга атмосферных выпадений тяжелых металлов в промышленных районах центральной России на основе элементного анализа мхов: автореферат дис., канд. тех. наук //Е.В. Ермакова. – Дубна, 2006. - 25 с.
- 5 Королёва Ю.В. Биоиндикация выпадения тяжёлых металлов в Калининградской области (по мхам): автореферат дис., канд. геогр. наук // Ю.В. Королёва. – Калининград, 2004. - 23 с.
- 6 Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК). - М.: Изд-во Минздрава СССР, 1982.
- 7 Tyler G. Moss analysis - A method for surveing heavy metal deposition // In: Proc. Sec. Clean Air Congress. Englund H.M. and Bery W.T. (eds.). - New York: Academic Press, 1970.
- 8 Steinnes E. A critical evaluation of the use of naturally growing moss to monitor the deposition of atmospheric metal // The Science of the Total Environment. - 1995. - Vol. 160/161. - P. 243-249.
- 9 Справка по вопросу «Об охране здоровья и социальной защите населения, проживающего в зоне влияния бывшего Семипалатинского ядерного полигона» — Материалы слушаний, организованных Комитетом по экономической реформе и региональному развитию Мажилиса Парламента Республики Казахстан, 24.06.2005. http://ru.wikipedia.org/wiki/Семипалатинский_испытательный_полигон.
- 10 Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. - Алматы: Изд-во “Эверо”, 2000. - 338 с.
- 11 Kloke A. Orientierungsdaten fur tolerierbare Gesamtgehate einiger Elemente in Kulturboden // Mitteilungen VDLUFA. - 1980. - N. 2. - P. 32-38.

References

- 1 Tjzhelye metally - <http://ru.wikipedia.org/wiki/> - 18.08.2013g.
- 2 Bychinskij V.A. Geohimicheskie aspekty toksichnosti jelementov// Geohimija tehnogeneza: Tez.dokl./ I Vsesojuz.soveshh..- Irkutsk. - 1985. - T.1. - S.120-123.
- 3 Milashhenko N.Z. Programma issledovanij tjzhelyyh metallov v geograficheskoy seti opytov so sredstvami himizacii// Himija v sel.hoz-ve. - Moskva. - 1995. - №4. - S.4-7.
- 4 Ermakova E.V. Sovershenstvovanie sistemy monitoringa atmosfernih vypadenij tjzhelyyh metallov v promyshlennyh rajonah central'noj Rossii na osnove jelementnogo analiza mhov. Avtoreferat dis., kand. teh. nauk //E.V. Ermakova. Dubna. - 2006. - 25 s.
- 5 Koroljova Ju.V. Bioindikacija vypadenija tjzhjolyh metallov v Kaliningradskoj oblasti (po mham): Avtoreferat dis., kand. geogr. nauk // Ju.V. Koroljova. Kaliningrad. - 2004. - 23 s.
- 6 Predel'no dopustimye koncentracii himicheskikh veshhestv v pochve (PDK). - M.: Izd-vo Minzdrava SSSR, 1982.
- 7 Tyler G. Moss analysis - A method for surveing heavy metal deposition // In: Proc. Sec. Clean Air Congress. Englund H.M. and Bery W.T. (eds.). - New York: Academic Press, 1970.
- 8 Steinnes E. A critical evaluation of the use of naturally growing moss to monitor the deposition of atmospheric metal // The Science of the Total Environment. - 1995. - Vol. 160/161. - p. 243-249.
- 9 Spravka po voprosu «Ob ohrane zdorov'ja i social'noj zashhite naselenija, prozhivajushhego v zone vlijanija byvshego Semipalatinskogo jadernogo poligona» — Materialy slushanij, organizovannyh Komitetom po jekonomicheskoy reforme i regional'nomu razvitiju Mazhilisa Parlamenta Respubliki Kazahstan, 24.06.2005. http://ru.wikipedia.org/wiki/Semipalatinskij_isplayatel'nyj_poligon
- 10 Panin M.S. Jekologo-biogeohimicheskaja ocenka tehnogennyh landshaftov Vostochnogo Kazahstana. - Almaty: Izd-vo «Jevero», 2000.- 338 s.
- 11 Kloke A. Orientierungsdaten fur tolerierbare Gesamtgehate einiger Elemente in Kulturboden// Mitteilungen VDLUFA. - 1980. H.2. - r.32-38.