

УДК 631.41:577.1(575.2)(04)

У.Ж. Кармышова

Биолого-почвенный институт НАН КР, Кыргызстан, г.Бишкек  
e-mail: umut\_kj@mail.ru

### Концентрация и миграция тяжелых металлов в системе “хвостохранилище-почва-растение” урановой провинции Майлуу-Суу

В статье представлено концентрация и миграция, тяжелые металлы в системе “хвостохранилище-почва-растение” урановой биогеохимической провинции Майлуу-Суу, приведены данные анализа в укосах растений и почв двух хвостохранилищ №3 и №6.

**Ключевые слова:** хвостохранилища, отвалы, тяжелые металлы, растения, почва, ПДК, кларк.

У.Ж. Кармышова

#### Майлуу-Суу уранды провинциясының «қалдық сақтайтын қойма-топырақ-өсімдік» жүйесіндегі ауыр металлдардың миграциясы мен концентрациясы

Мақалада Майлуу-Суу уранды биогеохимиялық провинциясының «қалдық сақтайтын қойма-топырақ-өсімдік» жүйесіндегі ауыр металлдардың миграциясы мен концентрациясы көрсетілген. Өсімдіктер мен №3 және №6 қалдық сақтайтын қойманың топырағындағы сараптау мәліметтері берілген.

**Түйін сөздер:** қалдық сақтайтын қойма, ауыр металлдар, өсімдіктер, топырақ, ШРК.

U.Zh. Karmyshova

#### Concentration and migration of heavy metals in the "tailing-soil-plant" uranium province Maili-Suu

The article presents the concentration and migration of heavy metals in the "tailing-soil-plant" uranium biogeochemical province Maili-Suu, data analysis mowing plants and soils of two tailings number 3 and number 6.

**Key words:** tailings, dumps, heavy metals, plants, soil, MPC, clarke

Актуальность. Территория, на которой проводились исследования концентрации химических элементов в системе хвостохранилище-почва-растений, включает хвостохранилищ Майлуу-Суу находящихся предгорья Ферганского хребта. Почвы и растения урановой провинции Майлуу-Суу с рекультивацией хвостохранилищ и отвалов подвергается нагрузке загрязнением тяжелых металлов и повышенным радиационным фоном. Национальный план действий по охране окружающей среды (НПДОС, 1995) определил в качестве основной экологической проблемы неудовлетворительное хранение хвостохранилищ и отвалов, являющихся причиной того, что тяжелые металлы и другие токсины выщелачиваются в окружающую среду. Один из опасных объектов в регионе является Майлуу-Сууской урановой рудник и промышленная

переработка руд. Известно, что разработка рай-оне велась в период с 1946 по 1968 г.г. В данной урановой техногенной провинции Майлуу-Суу имеется 23 хвостохранилища и 13 отвалов. Из них 14 хвостохранилищ и 12 отвалов находятся в городской черте. Опасные вещества, сконцентрированные в этих хвостохранилищах, содержат радионуклиды и тяжелые металлы, которые опасны для окружающей среды и здоровья человека [3, 8].

Правительству Кыргызской республики за последнее время удалось добиться финансирования Всемирным Банком (ВБ) в рамках Проекта «Предупреждение чрезвычайных ситуаций» проведения научно-исследовательских, проектно-изыскательских и практических работ по улучшению ситуации в наиболее опасном районе г. Майлуу-Суу. Проекта ВБ в Майлуу-Суу,

на хвостохранилищах №3 и №18, которые ответственным исполнителем проекта фирмой «Wisutec» с 2009 по 2013гг. перенесена на хвостохранилища №6, расположенное высшее и на правом берегу река Майлуу-Суу, вблизи бывшей ТЭЦ [3, 8, 9].

Материалы и методы. Рекультивация хвостохранилища №3 и №18 началось в 2009 года и завершилась 2013 г. Научно-исследовательская группа лаборатории биогеохимии БПИ НАН КР, ежегодно проводить исследования по всему природному среду: почва, вода, воздух и растения. Полевые работы проводились с 31-мая по 1 июня 2012 г., 29 мая по 1 июня 2013 г. Для отбора проб были выбраны хвостохранилища и отвалы с повышенный радиационный фон. В статье приведены данные анализ укусах растений и почва двух хвостохранилищ №3 и №6. Пробоподготовки укуса растений на атомно-спектральному и атомно-абсорбционному анализу подготовлена по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды [5]. При отборе почвенных образцов нами была использована классификация почв, принятая при составлении почвенной карты Кыргызской ССР. Отбор проб почв производился согласно ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор проб» [10]. Определение химических элементов в укусах растений и почве было проведено методом атомно-спектрального и атомно-абсорбционного анализа в лаб. Биогеохимии БПИ НАН КР и часть анализов в Центральной лаборатории при государственном агентстве по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве Кыргызской Республики.

Результаты исследований. Анализ образцов растений собранных непосредственно с самих хвостохранилищ №3 и №6 проводили два года подряд. Материал собирался в один и тот же сезон (31.05.2012. и 30.05.2013.). Следует отметить, что в 2013 г. была завершена рекультивация данных хвостохранилищ, начатая еще в 2009 г., при этом хвостохранилища №3 и №6 были объединены.

В сравнительном анализе установлено небольшая разница содержания тяжелых металлов в среднее пробы (укусах) растений. Хвостохранилища №3 и №6 сравнительно по другим хвостохранилищ Майлуу-Суу радиационный фон повышено. Исследования показало, что концентрация рядо токсичных элементов в золе растений: хвостохранилища №3 (Zn, Zr, Ni, Pb, Sr) и

хвостохранилища №6 (Ni, Ti, V, Cr, Zr, Cu, Sr) повышено после завершения работы дано таблица 1 и 2.

Установлена, что содержание титана в 2013 г. среднем почвах – 4000 мг/кг, в растениях от 127-400 мг/кг. Это по сравнением 2012 г. в золе растенияи обеих хвостохранилищ, превышена на 250 и 100 мг/кг. По данным Кабата-Пендиас, Пендиас (1989) среднее содержания в растениях должно составлять – 0,15-80,0 мг/кг [4].

Содержание никеля в почва обеих хвостохранилищах составлял по 40 мг/кг, что в 2 раза больше ПДК, а в растениях от 0,95 до 7 мг/кг, не превышает установленного предела. Никель в почве хвостохранилищ №3 и №6 2012 г. была ниже, в 2013 году больше ПДК, но показатель два года подряд ниже кларка, по видимо связано с рекультивацией хвостохранилищ [4,6].

Содержание кобальта почв хвостохранилищ №3 и №6 в 2012 г. составляло – 9 и 7 мг/кг сухого вещества, в 2013 г. обеих хвостохранилищах 5-6 раз больше. В почве кобальт содержится больше ПДК и кларка [2,6]. Кобальта 2012 г. в золе растений нами не обнаружено, а после завершения работ, содержание в золе растений установлено 0,6 мг/кг только в хвостохранилища №3.

Содержание стронция в почва обеих хвостохранилищ составлял от 300 до 400 мг/кг, в растениях от 42,4 до 90 мг/кг сухого вещества. Стронций в золе растений в 2012 г. хвостохранилища №3 больше ПДК, а в 2013 г. наборот концентрации стронция больше на хвостохранилищах №6, возможно это связано с объединением хвостохранилищ шло миграция стронция [4,6].

Содержание свинца в почвах наследуется от материнских пород, однако он может накапливаться за счет масштабного аэрогенного загрязнения. Это подтверждается нашими данными:обеих хвостохранилищах концентрации свинца немного повышено и составил – 15 и 20 мг/кг, по литературным данным ПДК-10, а в кларк-16 [1,2,6]. В растениях обеих хвостохранилищах свинец в пределах от 1,27 до 3 мг/кг, не превышает установленного предела [4]. Свинец является токсическим элементом I класса и токсичен для растений: нарушает фотосинтез, дыхание и другие важнейшие функции.

Содержание меди в почвах обеих хвостохранилища до 50 мг/кг, в растениях от 0,21 до 7 мг/кг сухого вещества. В растениях намного ниже ПДК [4], в почве немного превышено от ПДК и

Таблица 1 – Содержание химических элементов в золе укосах растений хвостохранилищ №3 и №6

Годы	Объект и виды растений	Mn мг/кг	Ni мг/кг	Co мг/кг	Ti мг/кг	V мг/кг	Cr мг/кг	Mo мг/кг	Zr мг/кг	Nb мг/кг	Cu мг/кг	Pb мг/кг	Ag мг/кг	Zn мг/кг	P мг/кг	Sr мг/кг	Ba мг/кг
31.05.2013	Хвост.№3; Hordeum bulbosum, Agropyron czimganicum	70	13	0,6	400	6	6	3	170	-	7	3	0,07	170	1000	60	60
29.05.2012	Хвост.№3; Hordeum bulbosum, Bromus scoparius, Poa bulbosa, Koelpinia linearis	40	4	-	300	4	3	0,5	120	1,2	5	1,5	0,12	120	1000	90	300
31.05.2013	Хвост.№6; Thymus insertus, Sideritis montana, Medicago minima, Hordeum bulbosum.	60	6	-	400	6	7	1,7	30	3	7	2	-	4	700	60	100
29.05.2012	Хвост.№6; Thymus insertus, Sideritis montana, Medicago minima, Hordeum bulbosum	53	0,95	-	127		1,59	1,59	2,1		0,21	1,27	0,031	21,2	1060	42,4	42,4
	<b>ИДК</b>	<b>750</b>	<b>50</b>	<b>15</b>	<b>1000</b>	<b>61</b>	<b>250</b>	<b>20,0</b>			<b>200</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>900</b>	<b>700</b>	<b>30</b>	<b>200</b>

Таблица 2 – Содержание химических элементов в почвах хвостохранилища №3 и 6

Объект, типы почв	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo	Zr	Cu	Pb	Ag	Zn	Sn	Ga	Yb	Y	Sr	Ba	Li	Sc
	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
Хвост.№3, горные сероземы, темные (2013)	400	40	30	4000	90	70	2	200	50	20	0,3	40	4	20	3	40	400	700	40	20
Хвост.№3, горные сероземы, темные (2012)	400	20	9	2500	70	50	1,5		25	13	-	30	2	-	3	25	400	700	-	-
Хвост.№6, горные сероземы, темные (2013)	500	40	12	4000	40	70	1,5	150	50	15	-	40	2	15	3	40	300	700	-	20
Хвост.№6, горные сероземы, темные (2012)	500	15	7	2000	15	40	-	90	20	15	-	-	2	-	3	20	400	700	-	-
<b>ПДК/кларк</b>	<b>1500/ 1000</b>	<b>20/58</b>	<b>5/18</b>	<b>/4500</b>	<b>150/90</b>	<b>6/83</b>	<b>2/1,1</b>	<b>/170</b>	<b>33/47</b>	<b>10/16</b>	<b>/ 0,07</b>	<b>55/83</b>	<b>/2,5</b>	<b>/19</b>	<b>/0,33</b>	<b>/29</b>	<b>/340</b>	<b>/650</b>	<b>/32</b>	<b>/10</b>

кларка [2,6]. Содержание меди в почве и растительном золе повышалась завершения рекультивационной работы.

Необий в почвах данном хвостохранилище нами не обнаружено, в растениях хвостохранилища №3, в 2012 году было – 1,2 мг/кг, в 2013 не обнаружено. На хвостохранилище №6 2012 году нами не установлено, в 2013 г. составляло концентрации 3 мг/кг сухого вещества. По видимо, перемещением хвосты было миграции необия, и оно с пылью распространено вокруг хвостохранилищ.

Концентрации ваннадий в почвах хвостохранилища №3 и №6 в 2012 г. – 40 и 90 мг/кг, обеих хвостохранилищах 2013 году увеличилась 1,5-2 раза, но пределах допустимого уровня не превышено.

Серебро содержится в почва хвостохранилища №3 – 0,3 мг/кг, в растениях обеих хвостохранилищ варьирует 0,031 – 0,12 мг/кг. Наибольшим содержанием аргентума хвостохранилища №3 в 2012 год, в 2013 уменьшилась, а в хвостохранилища №6 в 2012 г. 0,031 мг/кг, в 2013 не обнаружено.

Результаты анализа показывают, что укусах растений и почв после завершения рекультивационной работы на поверхности и прилегающей территории концентрации ряда токсичные металлы превышает установленного предела.

По нашим данным это связано с рекультивационными работами на этих хвостохранилищах и частично может быть обусловлено геохимией ландшафта провинции (составом коренных почвообразующих пород и биологической реакции организмов).

#### **Заключение**

Полученные данные показывает, что уровень концентрации по изученным элементам разнообразно. Концентрация химических элементов в почвах и золах растений хвостохранилищ №3 и №6 меняется. Содержание почвах ряда токсичных металлов, превышены установленного предела, это связано переработка урана и с рекультивацией хвостохранилищ и отвалов. В 2013г. заметно повышено содержание почв обеих хвостохранилищ ряда токсичных элементов такие, как: Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Yb, Y, Sr и Sn по сравнению в 2012 год.

После завершения рекультивации на хвостохранилище №3 и №6 заметно повышено содержание всех исследуемых элементов в золе растениях, но пределах установленного нормы. Содержание токсичных элементов в растениях зависит от многих факторов: поступление из почвы, посвообразующие породы, из атмосферы вследствие переноса хвостов с одной участка на другой хвостохранилища, а также другие технологическими процессами.

#### **Литература**

- 1 Алексеев В.А., Панин М.С., Дженбаев Б.М. Геохимическая экология. Понятия и законы. Бишкек, 2013. – 310 с.
- 2 Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, 1962, №7, с.555-571.
- 3 Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземных организмов. Бишкек, 2009. – 242 с.
- 4 Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: перевод с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- 5 Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды. Под редакцией И.А.Соболева, Е.Н.Беляева. Москва «Медицина», 2002. – 432с.
- 6 Справочник предельно допустимых концентраций, ориентировочных безопасных уровней воздействия, допустимых уровней, допустимых концентраций, методов контроля и других характеристик вредных веществ в объектах окружающей среды. Кыргызской Республики.- Бишкек, 1997.
- 7 Справочник в биогеохимии /Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е.Мирошников, В.Г. Прохоров/ М.: Недра, 1990. – 480 с.
- 8 Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана: Справочник-словарь Бишкек, 2009. – 240с.
- 9 Торгоев И.А., Алешин Ю.Г., Червонцев П.Г. Урановые хвостохранилища Майлуу-Суу: решение геоэкологических проблем. // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы утилизации и захоронения отходов. Выпуск 7 / Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии, и гидрогеологии (23 марта 2005г.). Москва: ГЕОС, 2005. – с.67-72
- 10 Унифицированные правила отбора проб объектов окружающей среды. М.: Мин. здрав СССР, 1980. – 125 с.

**Reference**

- 1 Alekseenko V.A., Panin M.S., Dzhenbaev B.M. Geohimicheskaya ekologiya. Ponyatiya i zakonyi. Bishkek, 2013. – 310 s.
- 2 Vinogradov A.P. Srednie sodержaniya himicheskikh elementov v glavnykh tipakh izverzhennykh gornyykh porod zemnoy koryi. Geohimiya, 1962, #7, s.555-571.
- 3 Dzhenbaev B.M. Geohimicheskaya ekologiya nazemnykh organizmov. Bishkek, 2009. – 242 s.
- 4 Kabata-Pendias A., Pendias H. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyah: prevod.s angl. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
- 5 Rukovodstvo po metodam kontrolya za radioaktivnostyu okruzhayushey sredy. Pod.redaktsiyey I.A.Soboleva, E.N.Belyaeva. Moskva «Meditsina», 2002. – 432s.
- 6 Spravochnik predelno dopustimyykh kontsentratsiy, orientirovochnyykh bezopasnykh urovney vozdeystviya, dopustimyykh urovney, dopustimyykh kontsentratsiy, metodov kontrolya i drugih harakteristik vrednykh veschestv v ob'ektakh okruzhayushey sredy. Kyrgyzskoy Respubliki.- Bishkek, 1997.
- 7 Spravochnik v biogeohimii /G.V. Voytkovich, A.V. Kokin, A.E.Miroshnikov, V.G. Prohorov/ M.: Nedra, 1990. – 480 s.
- 8 Torgoev I.A., Aleshin Yu.G. Geoekologiya i othody gornopromyshlennogo kompleksa Kyrgyzstana: Spravochnik-slovar Bishkek, 2009. – 240s.
- 9 Torgoev I.A., AlYoshin Yu.G., Chervontsev P.G. Uranovyye hvostohranilischi Mayлуу-Suu: reshenie geoekologicheskikh problem. // Sergeevskie chteniya. Inzhenerno-geologicheskie i geoekologicheskie problemyi utilizatsii i zahoroneniya othodov. Vyipusk 7 / Materialy godichnoy sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoy geologii, i gidrogeologii (23 marta 2005g.). Moskva: GEOS, 2005. – s .67-72
- 10 Unifitsirovannyye pravila otbora prob ob'ektov okruzhayushey sredy. M.: Min. zdrav SSSR, 1980. – 125 s