

УДК 504.453.054+282.255.2+574

А.А. Киргизбаева<sup>1</sup>, К.О. Шарипов<sup>1</sup>, С.С. Жакыпбекова<sup>1</sup>, А.А. Батырбаева<sup>2</sup>, А.К. Токтабаева<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова,  
Республика Казахстан, г. Алматы<sup>2</sup>Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

\*E-mail: a.toktabayeva@inbox.ru

### Техногенное загрязнение земель Семипалатинского испытательного ядерного полигона тяжелыми металлами

Исследован микроэлементный состав почв и растений бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона. Установлено, что микроэлементный состав почв и растений на территории полигона по некоторым микроэлементам значительно отличался от литературных данных для почв других регионов. Исследования показали довольно высокие значения меди, цинка и марганца. Почвы Абралинского района содержали медь, цинк и марганец немного меньше по сравнению с почвами других регионов. Установлено, что в горном массиве Дегелен меди содержится приблизительно в 10 раз выше, чем в почвах других регионов и в 8,5 раз превышает ПДК, а содержание цинка и марганца отличается незначительно. Почвы Атомного озера и Опытного поля характеризуются очень высоким содержанием свинца марганца, цинка и меди.

**Ключевые слова:** окружающая среда, полигон, ионизирующее излучение, тяжелые металлы, микроэлементы, почвы, растения.

A.A. Kirgizbayeva, K.O. Sharipov, S.S. Zhakypbekova, A.A. Batyrbayeva, A.K. Toktabayeva  
**Technical pollution of soils of Semipalatinsk nuclear test site by heavy metals**

The paper presents investigation of the trace element compositions of soil and trace element composition of plants of the former Semipalatinsk Nuclear Test Site (SNTS). The data obtained from the research were compared with the trace element composition of soil and plants from different regions of the world. Studies showed relatively high values of copper, zinc and manganese. Soil of Abralinskii area contains copper; zinc and manganese are slightly smaller than soils in other regions. On the Delegen Mountain area copper was contained approximately in 10 times higher than in other regions of the soils and in 8.5 times higher than the MAC, and the content of zinc and manganese is differed slightly. Soil of Atomic lake and Experimental Field is characterized by very high content of lead, manganese, zinc and copper.

**Key words:** environment, test site, ionizing radiation, heavy metals, minerals, soil, plants.

А.А. Қырғызбаева, К.О. Шәріпов, С.С. Жақыпбекова, А.А. Батырбаева, Ә.Қ. Токтабаева  
**Семей сынақ ядролық полигон жерлерінің ауыр металдармен техногенді ластануы**

Семей сынақ ядролық полигон (ССЯП) жерлері топырақтарының және өсімдіктерінің микроэлементтік құрамы зерттелді. Осы мәліметтер әлемдегі әртүрлі жерлердегі топырақтардың және өсімдіктердің микроэлементтік құрамымен салыстырылды. Әлемдегі мәліметтерге қарағанда, кейбір микроэлементтер бойынша микроэлементтік құрамның ерекшеленетіні анықталды.

**Түйін сөздер:** қоршаған орта, полигон, иондаушы сәулелену, ауыр металдар, микроэлементтер, топырақ, өсімдіктер.

## Введение

Семипалатинский испытательный ядерный полигон (СИЯП) имеет особый статус, связанный с проведением на этих территориях воздушных, наземных, подземных взрывов,

которые вызвали колоссальное загрязнение территории полигона. Большинство территорий используются в качестве пастбищ для скота. Экологическое состояние данных территорий требует тщательного анализа. В настоящее время не вызывает сомнения актуальность

изучения воздействия ионизирующих излучений на природные компоненты внешней среды и важной роли радиационного фактора в период освоения данных территорий. Радионуклиды мигрируют в растения, главным образом, из почвы через корневую систему. В основном, это радионуклиды, которые растворяются в воде: стронций-90, йод-131, барий-140, цезий-137, церий-144. В организм животных эти нуклиды попадают с водой и растительной пищей, а в организм человека с растительными и мясомолочными продуктами, с вдыхаемым воздухом и питьевой водой. Четко прослеживается миграция радионуклидов по биологической цепи: вода – почва – растение – животные – человек [1-7].

### Материалы и методы

Объектами исследования явились почвы Абралинского района Восточно-Казахстанской области, прилегающего к Семипалатинскому Испытательному Ядерному Полигону (СИЯП) и почвы испытательных площадок: горного массива Дегелен, Опытного поля и Атомного озера, а также произрастающие на них растения. Дегелен – низкогорный массив, склоны которого покрыты степной растительностью. По долинам рек встречаются заросли кустарников. В горах Дегелен до 1991 года располагалась испытательная площадка «Дегелен» СИЯП. Всего в период с 1961 по 1989 гг в горах Дегелен было проведено 215 подземных ядерных взрывов. Опытное поле – это первая испытательная площадка СИЯП, которая предназначалась для проведения атмосферных (наземных и воздушных) ядерных испытаний в

период с 1949 по 1962 гг. Площадка представляет собой равнину диаметром 20 км, окруженную с трех сторон невысокими горами. Это крупномасштабный комплекс инженерно-строительных сооружений, предназначенных для проведения испытаний и регистраций параметров ядерного взрыва. Атомное озеро образовалось в результате экскавационного термоядерного взрыва мощностью 140 кт, в результате которого в месте слияния водных артерий рек Шаган и Ащису образовалась воронка, глубиной более 100 метров и диаметром 400 метров.

На этих территориях было исследовано 47 точек, в каждой из которых отбиралось по 4-5 образцов почв и растительности. Всего было исследовано 225 образцов почв и 200 образцов растительности. Микроэлементный состав почв и растений был определен на спектрографе ДФС-8 эмиссионным количественным методом. Предварительно перед анализом растения озолялись. Выход измерялся в мг/кг сухого вещества.

### Результаты и обсуждения

В отобранных пробах был исследован микроэлементный и органический (гумус) составы почв и микроэлементный состав растений. Эти данные были сравнены с микроэлементным составом почв и растений различных регионов мира.

По сравнению с литературными данными, почвы Семипалатинского региона характеризуются низким валовым содержанием меди, цинка, кобальта и повышенным валовым содержанием марганца по сравнению с почвами других регионов (таблица 1).

**Таблица 1** – Содержание тяжелых металлов в почвах различных регионов, мг/кг [8, 9]

Регион	Cu	Zn	Mn	Co
Кларк в почве	20	50	850	8
Средняя полоса Восточного Казахстана	18,5	38,2	626,6	7,5
Казахстан в целом	18,9	39,5	450,0	7,1
Алтайский край	18,0	32,0	890,0	13,5
Юг Западной Сибири	33,8	72,3	720,0	
Почвы сухостепной, полупустын. зон	24,4	53,0	700,0	6,9
Территория бывшего Семипал. полигона	14,3	20,8	768,0	6,4

Наши исследования (таблица 2) показали довольно высокие значения меди, цинка и марганца. Почвы Абралинского района содержат медь, цинк и марганец немного меньше по сравнению с почвами других регионов. В горном массиве Дегелен меди содержится приблизительно в 10 раз выше, чем в почвах других регионов и в 8,5 раз превышает ПДК, а содержание цинка и марганца отличается незначительно. Почвы Атомного озера и Опытного поля характеризуются очень высоким содержанием марганца и превышает аналогичные показатели в почвах других регионов в 2,5-5,5 раза. Цинк в почвах Атомного озера и

Опытного поля немного превышает содержание цинка в почвах других регионов – в 1,5 раза. Содержание меди в почвах Атомного озера и Опытного поля превышает содержание меди в почвах других регионов в 1,7-1,8 раза и в 2-2,6 раза соответственно. В эпицентре взрыва в почвах Опытного поля и Дегелена свинца в почве содержится больше, чем в таких же почвах Абралинского района, что можно объяснить последствиями ядерных взрывов, проводившихся в этих районах.

В общем, в растениях СИЯП преобладают скандий, хром, молибден, ванадий по сравнению с мировыми данными (таблица 3).

**Таблица 2** – Содержание тяжелых металлов в почвах на территории бывшего Семипалатинского полигона, мг/кг

Регион	Cu	Zn	Mn	Pb
Абралинский район	12±2	12,7±2,5	890±170	24±4,6
Горный массив Дегелен	170±34	55±11	1100±200	27,4±5,4
Опытное поле	48,4±9,6	60±12	2500±500	39,1±7,8
Атомное озеро	34±7	61±12	2200±440	12,8±2,5
Предельно-допустимая концентрация	20	50	850	8

**Таблица 3** – Средние показатели микроэлементов в растениях СИЯП по сравнению с мировыми данными мг/кг [10]

Микроэлемент	Средние значения по СИЯП, мг/кг			Мировые данные мг/кг,
	Абралинский район	Горный массив Дегелен	Опытное поле	
Медь	11,9±2,3	3,35±0,067	5,2±1,0	до 4
Серебро	0,02±0,003	0,03±0,006	0,07±0,01	0,03-0,5
Барий	16,4±32,8	48,34±9,6	84,5±16,0	1-198
Цинк	5,6±1,1	20,0±3,9	2,2±0,4	26,5
Алюминий	399±79	118±23	114±22,8	200
Галий	0,35±0,7	0,4±0,08	0,16±0,03	0,02-5,5
Скандий	0,5±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,07-0,1
Кремний	1,0±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	0,3-1,2
Свинец	3,9±0,79	5,17±1,02	7,38±1,4	2-6
Титан	42,5±8,5	50,28±10,0	71,9±14,3	0,15-80
Ванадий	4,7±0,9	0,72±0,14	2,09±0,4	до 2
Хром	4,7±0,9	4,8±0,9	4,9±0,9	0,02-0,2
Молибден	0,18±0,03	8,4±1,6	2,14±0,4	до 1
Марганец	24,5±5,0	59,7±11	56,3±11,2	17-334
Железо	150±3	120±24	104±20	18-1000
Никель	0,12±0,02	0,78±0,15	0,77±0,15	0,1-1,7

Результаты наших исследований показали, что содержание микроэлементов в растениях, взятых с различных районов Семипалатинского полигона, отличается в некоторых случаях значительно. Растения Абралинского района богаты медью, алюминием, железом. В растениях Дегелена больше всего содержится молибдена, марганца, цинка, никеля. Опытное поле характеризуется наибольшим содержанием в растениях свинца, вероятно, это связано с типом испытанных бомб. В Абралинском районе тип почв не оказал влияния на распределение микроэлементов в растениях, произрастающих на этих территориях. Растения Дегелена отличаются тем, что на распределение в них тяжелых металлов оказывает значительное влияние тип почв. При исследовании

почв Атомного озера, напротив, нами обнаружено значительное влияние типов почв и pH почв на содержание в почвах таких элементов как Pb, Cu, Zn, Mo, Be, Ba, Ni, Cr, V, Y, Yb, Mn, Ga, Nb. Дисперсионный анализ влияния типа почвы на содержание радионуклидов в растениях, произрастающих в Абралинском районе, также показал, что в условиях нормального радиоактивного фона тип почв влияния на содержание в растениях микроэлементов не оказывает. Дисперсионный анализ влияния типа почвы на содержание радионуклидов в растениях Дегелена показал, что тип почвы значительно влияет на распределение в растениях таких металлов, как Zn, Pb, Ba, Cu, Ni, V, Y, Na, Fe, Al, Ag, Ca.

### Литература

- 1 Тлеубергенов С.Г. Полигоны Казахстана. – Алматы: Гылым, 1997. – 24 с.
- 2 Ааркрод А., Дальгаардт Г., Караваева Е.Н., Куликова Н.В., Мейтинар К., Молчанова И.В., Нильсен С.П., Позолотина В.Н., Боликаров Г.Г., Фриссел М., Фульс Л., Югиков П.И. О содержании долгоживущих радионуклидов в почвах и древесных растениях зоны ядерной аварии на Южном Урале // Экология, РАН. – 1992. – № 4. – с.105-110.
- 3 Айдарханова Г.С. Экологическая оценка влияния подземных ядерных испытаний на природную среду горного массива Дегелен: дис. ... канд. биол. наук. – Алматы, 1998. – 118 с.
- 4 Баландин В.А. Основные принципы составления региональных экологических программ (на примере Якутии) // Проблемы региональной экологии. – Томск, 1994. – Вып. 1. – С. 88-89.
- 5 Беляев С.Т. Оценка радиологического риска для населения Алтайского края от ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. // Вестник научной программы «Семипалатинский полигон – Алтай». – 1994. – № 3. – С. 44-47.
- 6 Гофман Д.Ж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений. – Минск: Высшая школа, 1994. – 576 с.
- 7 Гусев Б.И. Медико-демографические последствия облучения населения некоторых районов Семипалатинской области вследствие испытания ядерного оружия: Дисс. ... докт. мед. наук. – Алматы, 1994. – 234 с.
- 8 Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М: ГНУ, Почвенный институт им. Докучаева РАСХ, 2008. – 85 с.
- 9 Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: ACADEMIA, 2003. – 397 с.
- 10 Кабата Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. – М., 1989. – 439 с.

### References

- 1 Tleubergenov SG Polygons of Kazakhstan. [Poligony Kazahstana]. Almaty:Gylym: 1997, 24 p.
- 2 Aarkrog A. Dalgaard G. Karavayeva EN, NV Kulikova, Meytinan K. Molchanov IV, Nielsen SP, Pozolotina VN, Bolikarpov GG, Frissel M, Fuls L, Yugikov PI. The content of long-lived radionuclides in soil and woody plants zone of a nuclear accident in the Southern Urals [O sodержanii dolgozhivushhih radionuklidov v pochvah i drevesnyh rastenijah zony jadernoj avarii na Juzhnom Urale]. *Ekologija, RAN – Ecology, Russian Academy of Sciences*, 1992. 4. P.105.
- 3 Aydarhanova GS. Environmental impact assessment of underground nuclear tests on the environment massif Delegen: Dissertation. [Ekologicheskaja ocenka vlijaniya podzemnyh jadernyh ispytanij na prirodnuju sredu gornogo massiva]. Almaty, 1998. 118 p.
- 4 Balandin VA Basis of regional environmental programs (for example, Yakutia). [Osnovnye principy sostavlenija regional'nyh jekologicheskikh programm (na primere Jakutii)]. *Problemy regional'noj jekologii* – *Problems of regional ecology*, 1994. no. 1. P. 88-89.
- 5 Belyav S.T. Assessment of the radiological risk to the population of the Altai Krai of nuclear tests at the Semipalatinsk test site. [Otsenka radiologicheskogo riska dlya naseleniya Altayskogo kraja ot yadernyx ispytanij na Semipalatinskopoligone]. Bulletin of the scientific program "Semipalatinsk test site - Altai" Scientific - practical journal, 1994. no 3. P. 44-47.
- 6 Hoffman D.Zh. The Chernobyl accident: the radiological consequences for the present and future generations. [Chernobyl'skaja avarija: radiacionnye posledstvija dlja nastojashhego i budushhih pokolenij]. Minsk: High School, 1994. 576 p.

- 
- 7 Gusev BI Medical and demographic consequences of public exposure of certain areas of the Semipalatinsk region due to nuclear weapons testing: Dissertation. [*Mediko-demograficheskie posledstvija obluchenija naselenija nekotoryh rajonov Semipalatinskoj oblasti vsledstvie ispytaniya jadernogo oruzhija*]. Almaty, 1994. 234 p.
  - 8 Vodyanitsky YN Heavy metals and metalloids in soils. [*Tjzhelye metally i metalloidy v pochvah*]. Moscow, SSI, Soil Science Institute. Dokuchaeva EXP, 2008. 85 p.
  - 9 Dobrovolsky V.V. Basics biogeochemistry. [*Osnovy biogeochemistry*]. Moscow: Academia, 2003. 397 p.
  - 10 Kabata Pendias A., Pendias X. Trace elements in soils and plants. [*Mikrojelementy v pochvah i rastenijah*] Transl. from English. Moscow, 1989. 439 p.