

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**СОДЕРЖАНИЕ БИОЭЛЕМЕНТОВ
В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ
В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННОГО КАРЬЕРА
(НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛКА ТУБИНСКИЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)**

И.Н. Семенова, Ю.С. Рафикова*, Г.Я. Биктимерова, Я.Т. Суяндукоев

Сибайский филиал Института стратегических исследований Республики Башкортостан

РЕЗЮМЕ. Ряд горнорудных предприятий, расположенных на территории Башкирского Зауралья, в настоящее время не функционирует в связи с истощением запасов руды. Несмотря на прекращение активной производственной деятельности, отработанные карьеры представляют для населения экологическую угрозу, в том числе связанную с повышенным содержанием тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Данное исследование проведено на территории поселка Тубинский Баймакского района Республики Башкортостан, где в XX веке разрабатывалось крупное месторождение золота. Изучено содержание биоэлементов в лекарственных растениях в зоне воздействия отработанного карьера. Все отобранные образцы почвы имели повышенное валовое содержание эссенциальных элементов: Cu (от 1,4 до 9,7 ПДК), Zn (от 3,4 до 6,2 ПДК), Fe (от 5,5 до 31,9 РФФ), Co (от 1,1 до 1,4 РФФ), часть образцов была загрязнена Mn (до 1,4 ПДК), Cd (от 1,1 до 2,2 ПДК). Повышенный уровень подвижных форм был выявлен во всех изученных образцах почв для следующих химических элементов: Cu (от 4,6 до 18,7 ПДК), Zn (от 6,2 до 8,0 ПДК), Fe (от 12,7 до 36,8 РФФ), Ni (от 1,5 до 2,5 ПДК). Часть почвенных образцов характеризовалась повышенным содержанием подвижного Mn (до 1,3 ПДК). В растениях *Achillea millefolium* L., произрастающих на изученной территории, превышен максимально допустимый уровень содержания цинка и свинца. По величинам среднего содержания в органах тысячелистника обыкновенного исследуемые тяжелые металлы можно представить в виде следующих убывающих рядов (в мг/кг): Fe (1037,5) > Mn (148,5) > Zn (65,6) > Cu (9,7) > Pb (2,8) > Ni (0,9) > Cd (0,09) > Co (0,06) для надземной и Fe (718,8) > Mn (111,0) > Zn (40,3) > Cu (8,0) > Pb (3,4) > Ni (1,9) > Cd (0,08) > Co (0,04) для корневой части. Таким образом, растения тысячелистника характеризуются относительно низкой аккумуляцией большинства тяжелых металлов из почвы и значительной устойчивостью по отношению к ним, что обусловлено барьерной функцией корневой системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биоэлементы, тяжелые металлы, Башкирское Зауралье, *Achillea millefolium* L., горнорудные предприятия.

ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающие предприятия, ведущие в течение длительного времени интенсивную разработку месторождений медно-цинковой руды в Башкирском Зауралье (БЗ), являлись и являются одним из основных источников ухудшения экологического состояния природной среды в местах добычи, переработки минерального сырья и на территориях складирования отходов производства. В их окрестностях в объектах окружающей среды отмечен повышенный уровень тяжелых металлов (ТМ) (Семенова и др., 2012; Семенова, 2013; Семенова и др., 2013а,б; Суяндукоев и др., 2013а,б; Су-

юндукоев и др., 2014; Усманов и др., 2014; Семенова и др., 2015а,б,в; Semenova et al., 2016).

Деятельность ряда горнорудных предприятий, функционирующих на данной территории в течение длительного времени, в настоящий момент остановлена в связи с истощением запасов руды. Несмотря на прекращение активной производственной деятельности, экологические проблемы, в том числе связанные с повышенным содержанием тяжелых металлов в объектах окружающей среды, не потеряли своей актуальности.

Поселок Тубинский Баймакского района Республики Башкортостан был основан в связи с от-

* Адрес для переписки:

Рафикова Юлия Самигуллиовна
E-mail: shagit67@mail.ru

крытием крупного месторождения россыпного золота в 1914 г. Во время Великой Отечественной войны с Тубинского месторождения в Москву было переправлено свыше 40 тонн золота. К 1960-му году запасы золота на руднике были истощены. В 1990 гг. после распада СССР промышленное производство в поселке прекратилось. В настоящее время основная часть населения занимается сельским хозяйством, меньшая часть занята в сфере обслуживания и обеспечения жизнедеятельности (школа, больница, пожарная часть).

Растения представляют собой промежуточное звено, через которое биоэлементы переходят из почв, а частично из воды и воздуха в организм человека и животных (Алексеева-Попова, 1986; Алексеев, 1987; Матвеев и др., 1997). Аккумуляция тяжелых металлов в используемых в пищу частях растений создает угрозу жизнеспособности человека и животных.

Цель исследования – изучение содержания Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Pb, Co в почвах и растениях *Achillea millefolium* L., произрастающих на территории пос. Тубинский Баймакского района Республики Башкортостан, для выявления региональных особенностей накопления в них биоэлементов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования, проведенного в июле 2016 г. на территории пос. Тубинский, были выбраны следующие ценопопуляции (ЦП) *Achillea millefolium* L.: ЦП1 расположена непосредственно у отвалов карьера на пробной площадке 1 (ПП1), ЦП2 – на пустыре на окраине села (ПП2), ЦП3 и ЦП4 – на участках сенокосения рядом с жилыми домами в центре (ПП3) и на окраине (ПП4) (рис. 1).

Образцы почв были отобраны с пробных площадок площадью 1 м² методом конверта из десятисантиметрового слоя почвы в трех повторностях, согласно общепринятой методике проведения почвенного мониторинга (Опекунова, 2004). Из каждой ценопопуляции выкапывали по 30 растений *Achillea millefolium* L. с последующей отмывкой корней в проточной воде, после чего растения высушивали до воздушно-сухого состояния и разделяли надземную и подземную часть. Растительное сырье взвешивали, размалывали на мельнице до размера частиц 0,1 мм и использовали наряду с почвенными образцами для определения содержания ТМ методом атомной абсорбции в центральной лаборатории СФ (ОАО «УГОК» г. Сибай) (№ РОСС RU. 000155358). В

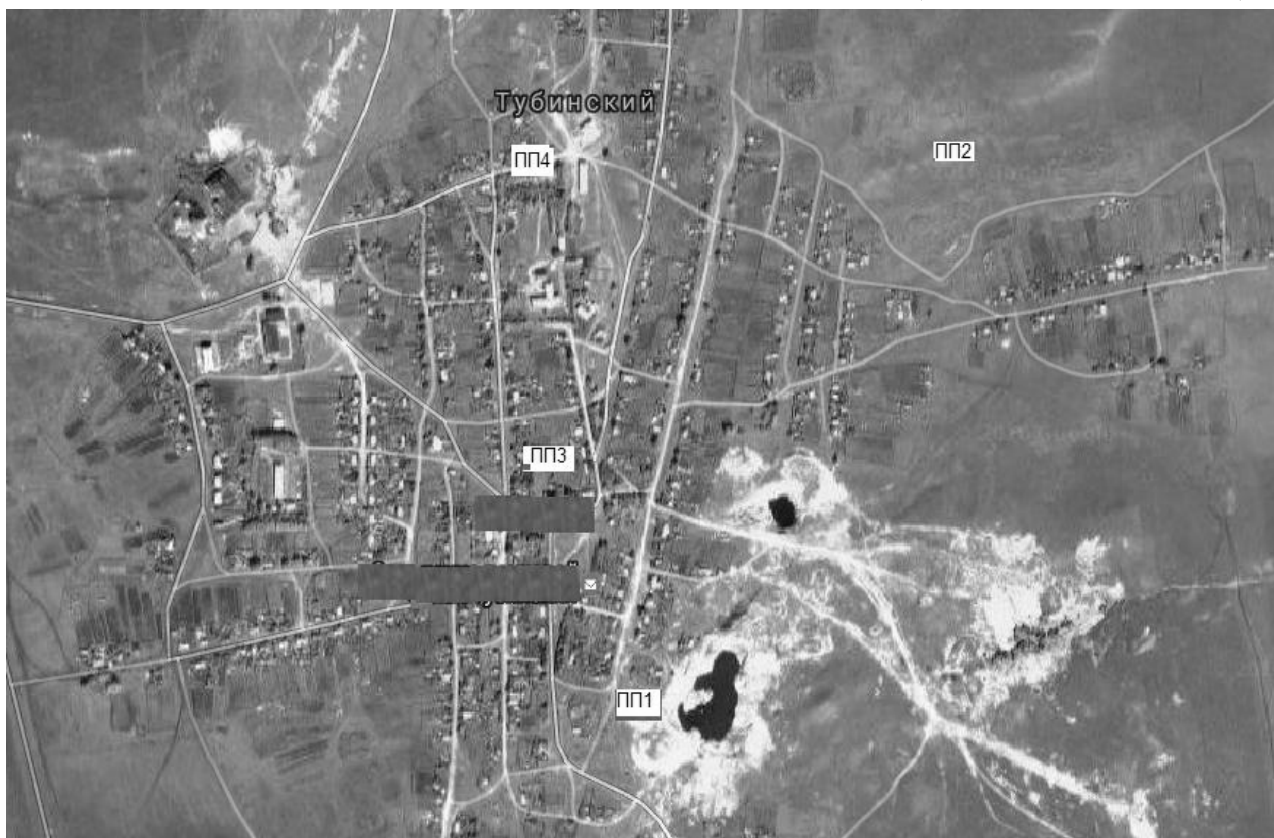


Рис. 1. Карта-схема расположения пробных площадок в зоне влияния отработанного карьера (пояснение в тексте)

качестве экстрагента применяли 5 М азотную кислоту. Подвижные формы соединений ТМ в почвах извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с $pH = 4,8$ (ААБ). Анализ растительного сырья проводили в трех повторностях. Проверку нормальности распределения полученных данных и определение среднего арифметического \bar{X} и стандартного отклонения SD осуществляли с использованием пакета программ STATISTICA 6.0.

Для экотоксикологической оценки почв использовали предельно-допустимые концентрации (ПДК) ТМ для их валовых (ПДК_{вал}) и подвижных форм (ПДК_{подв}) (Предельно-допустимые..., 2006). Для обобщенной оценки степени загрязнения почв ТМ применяли известный показатель Z_c (суммарный показатель загрязнения) (Методические рекомендации..., 1987), рассчитанный по формуле

$$Z_c = \sum_{j=1}^m KK_{ij} - (m - 1),$$

где KK_{ij} – коэффициенты концентраций j -го элемента в i -й пробе, больше или равные единице

$$KK_{ji} = \frac{C_{ji}}{K_{ji}};$$

C_{ji} – содержание j -го элемента в i -й пробе; K_j – кларк j -го элемента в почвах мира (Виноградов, 1957) (в мг/кг: Cu – 20, Zn – 50, Pb – 10, Cd – 0,5, Co – 20, Ni – 40, Mn – 850) или региональный геохимический фон (РГФ) (в мг/кг: Fe – 25000); m – число слагаемых j -х элементов с $KK \geq 1$.

Критические значения, характеризующие суммарное загрязнение Z_c по степени опасности, таковы: при $Z_c < 16$ загрязнение считается допустимым; при $16 < Z_c < 32$ – умеренно опасным; при $32 < Z_c < 128$ – высокоопасным (Предельно допустимые концентрации..., 2006).

В нормативно-технической документации, регламентирующей качество лекарственного растительного сырья, отсутствуют величины ПДК, поэтому были использованы в качестве предельно допустимого содержания ТМ в органах исследуемого вида показатели МДУ для кормов (Временные максимально допустимые..., 1991).

Оценку степени накопления ТМ растениями проводили на основе коэффициента биологического поглощения (КБП) как отношения содержания металла в растении к общему содержанию элемента в почве, а также коэффициента накоп-

ления (КН), представленного отношением содержания ТМ в растении к содержанию его подвижных форм в почве. Также рассчитывали элементостатический барьер, как отношение содержания химического элемента в корневой части к его содержанию в надземной части растения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Элементный состав почв определяет химический состав объектов окружающей среды, в том числе растительных и животных организмов, а также человека (Ильин, 1991; Янтурин, Аминаева, 2013; Семенова и др., 2015б, 2015в; Semenova et al., 2016). Вместе с тем растения обладают избирательной способностью накапливать необходимые элементы в определенном количестве, что нарушает прямую зависимость содержания ТМ в растениях от их содержания в почве (Матвеев и др., 1997; Масленников и др., 2014; Масленников и др., 2015). Вклад генетического и экологического факторов в формирование элементного состава растений меняется в зависимости от условий окружающей среды, и при техногенном загрязнении экологический фактор становится ведущим (Ивлев, 1986; Ильин, 1991; Позняк, 2011а,б).

Содержание ТМ в почвах исследуемых пробных площадок различалось в значительной степени. Все отобранные образцы имели повышенное валовое содержание эссенциальных элементов: Cu (от 1,4 до 9,7 ПДК), Zn (от 3,4 до 6,2 ПДК), Fe (от 5,5 до 31,9 РГФ), Co (от 1,1 до 1,4 РГФ), часть образцов была загрязнена Mn (до 1,4 ПДК), Cd (от 1,1 до 2,2 ПДК). Повышенный уровень подвижных форм был выявлен во всех изученных образцах почв для следующих химических элементов: Cu (от 4,6 до 18,7 ПДК), Zn (от 6,2 до 8,0 ПДК), Fe (от 12,7 до 36,8 РГФ), Ni (от 1,5 до 2,5 ПДК). Часть почвенных образцов характеризовалась повышенным содержанием подвижного Mn (до 1,3 ПДК) (табл. 1).

Степень загрязнения изученных почв ТМ была неравномерной и варьировала от умеренно-опасной (ППЗ, расположенная в центре села) до высокоопасной (остальные пробные площадки). Наибольшим загрязнением характеризовались почвы ПП1, расположенные вблизи отвалов отработанного карьера (табл. 2).

Общеизвестным является тот факт, что основным источником поступления ТМ в растения служит почва. Повышенное содержание ТМ в лекарственных растениях представляет опасность для населения, использующего их. В связи с этим было проанализировано растительное

сырье *Achillea millefolium* L. с целью количественного определения в нем ТМ.

В изученных растениях тысячелистника максимально допустимый уровень (МДУ) для кормов был превышен на всех пробных площадках по содержанию Zn (до 1,6 МДУ), а также по содержанию Pb в ЦП1 и ЦП2 (до 1,2 МДУ) (табл. 3).

Малые концентрации химических элементов в растениях могут свидетельствовать об их низкой биофильности, представленной в виде отношения

среднего содержания химического элемента в живом организме к его кларку в земной коре. Биофильность химического элемента характеризует степень его родства к каким-либо соединениям в живом организме. Поскольку свинец обладает низкой биофильностью и его роль в организме растений как микроэлемента до конца не изучена, высокое содержание этого металла в надземной и корневой частях растений является результатом техногенного загрязнения (Чаплыгин и др., 2015).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почвах пос. Тубинский ($\bar{X} \pm SD$), мг/кг

Металл	ПП1 (n = 3)	ПП2 (n = 3)	ПП3 (n = 3)	ПП4 (n = 3)	ПДК _{вал.} (РГФ)/ПДК _{подв.}
<i>Эссенциальные элементы</i>					
Cu	$\frac{531,5 \pm 87,3}{56,0 \pm 7,2}$	$\frac{124,3 \pm 30,6}{26,3 \pm 2,3}$	$\frac{109,3 \pm 3,9}{13,8 \pm 1,5}$	$\frac{79,5 \pm 2,2}{15,3 \pm 1,1}$	$\frac{55}{3}$
Zn	$\frac{621,0 \pm 130,7}{184,8 \pm 26,3}$	$\frac{454,0 \pm 59,1}{183,8 \pm 5,6}$	$\frac{340,3 \pm 7,2}{173,5 \pm 4,9}$	$\frac{385,3 \pm 15,1}{141,8 \pm 2,8}$	$\frac{100}{23}$
Fe	$\frac{279500 \pm 22265}{84925 \pm 4978}$	$\frac{430500 \pm 43302}{103500 \pm 14528}$	$\frac{137000 \pm 7549}{48250 \pm 2812}$	$\frac{798000 \pm 17349}{139750 \pm 943}$	$\frac{27533^*}{3800}$
Mn	$\frac{1090,0 \pm 180,1}{178,8 \pm 18,9}$	$\frac{2138,0 \pm 329,6}{159,0 \pm 3,6}$	$\frac{1373,5 \pm 17,0}{105,5 \pm 3,3}$	$\frac{2149,5 \pm 42,3}{97,0 \pm 1,7}$	$\frac{1500}{140}$
Co	$\frac{21,0 \pm 2,7}{2,5 \pm 1,1}$	$\frac{19,0 \pm 4,0}{3,0 \pm 0,2}$	$\frac{21,3 \pm 1,2}{3,5 \pm 0,3}$	$\frac{16,0 \pm 1,0}{4,0 \pm 1,0}$	$\frac{15^*}{5,0}$
<i>Условно эссенциальные элементы</i>					
Ni	$\frac{28,3 \pm 1,7}{8,3 \pm 1,9}$	$\frac{51,5 \pm 9,8}{6,8 \pm 0,3}$	$\frac{22,0 \pm 1,7}{6,0 \pm 1,0}$	$\frac{71,0 \pm 2,7}{9,8 \pm 0,7}$	$\frac{85}{4}$
<i>Токсичные элементы</i>					
Pb	$\frac{19,3 \pm 2,6}{3,0 \pm 0,7}$	$\frac{14,8 \pm 4,2}{4,5 \pm 0,3}$	$\frac{16,8 \pm 1,6}{3,3 \pm 0,3}$	$\frac{18,8 \pm 1,7}{5,0 \pm 1,0}$	$\frac{32}{6}$
Cd	$\frac{4,3 \pm 0,9}{0,05 \pm 0,01}$	$\frac{2,2 \pm 0,5}{0,03 \pm 0,01}$	$\frac{2,6 \pm 0,2}{0,08 \pm 0,01}$	$\frac{2,9 \pm 0,2}{0,18 \pm 0,01}$	$\frac{2}{0,22^*}$

П р и м е ч а н и е : в числителе – валовое содержание, в знаменателе – подвижные формы; * – РГФ.

Таблица 2. Экотоксикологическая оценка почв пос. Тубинский по суммарному показателю загрязнения Zc

Химический элемент	ПП1 (n = 3)	ПП2 (n = 3)	ПП3 (n = 3)	ПП4 (n = 3)
	<i>Коэффициенты концентрации химических элементов по отношению к кларку или РГФ</i>			
Cu	26,6±4,4	6,2±1,5	5,5±0,2	4,0±0,1
Zn	12,4±2,6	9,1±1,2	6,8±0,1	7,7±0,3
Fe	11,2±0,9	17,2±1,7	5,5±0,3	31,9±0,7
Ni	0,7±0,1	1,3±0,2	0,6±0,1	1,8±0,1
Mn	1,3±0,2	2,5±0,4	1,6±0,1	2,5±0,1
Pb	1,9±0,3	1,5±0,4	1,7±0,2	1,9±0,2
Cd	8,5±1,9	4,4±1,1	5,2±0,5	5,8±0,3
Co	1,1±0,1	1,0±0,2	1,1±0,1	0,8±0,1
Zc	<i>Суммарный показатель загрязнения</i>			
	56,9±3,4	36,1±0,8	21,3±0,7	49,3±0,9
Категория загрязнения	Высокоопасная	Высокоопасная	Умеренно опасная	Высокоопасная

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в растениях *Achillea millefolium* L. на территории пос. Тубинский ($\bar{X} \pm SD$), мг/кг

Ценопопуляции	Cu	Zn	Fe	Mn	Co	Ni	Pb	Cd
<i>Надземная часть</i>								
ЦП1	14,5±1,9	63,2±3,3	1425,8±95,5	229,2±8,2	0,08±0,02	0,7±0,1	5,4±0,3	0,06±0,01
ЦП2	13,6±1,5	59,8±2,9	1106,6±75,6	204,3±8,0	0,03±0,01	0,4±0,1	4,3±0,2	0,03±0,01
ЦП3	6,7±0,5	80,0±5,1	1155,0±85,2	96,5±6,2	0,06±0,01	1,1±0,2	0,6±0,1	0,14±0,02
ЦП4	3,5±0,2	59,4±2,8	462,5±19,2	64,0±3,9	0,06±0,01	1,4±0,2	0,7±0,1	0,12±0,02
<i>Подземная часть</i>								
ЦП1	6,0±0,5	43,0±2,4	422,5±12,6	126,5±8,5	0,03±0,01	2,0±0,3	6,7±0,3	0,08±0,01
ЦП2	17,5±1,7	78,5±3,6	1280,0±123,2	236,0±16,4	0,05±0,01	2,8±0,3	5,3±0,3	0,18±0,02
ЦП3	7,5±0,9	31,0±2,5	1007,5±92,3	51,0±6,1	0,05±0,01	1,5±0,2	1,0±0,2	0,05±0,01
ЦП4	1,0±0,1	8,7±1,3	165,2±8,8	30,5±2,5	0,03±0,01	1,2±0,2	0,5±0,1	0,03±0,01
МДУ	30	50	-	-	-	3	5	0,3

Примечание: полужирным шрифтом выделены значения концентраций, превышающих МДУ.

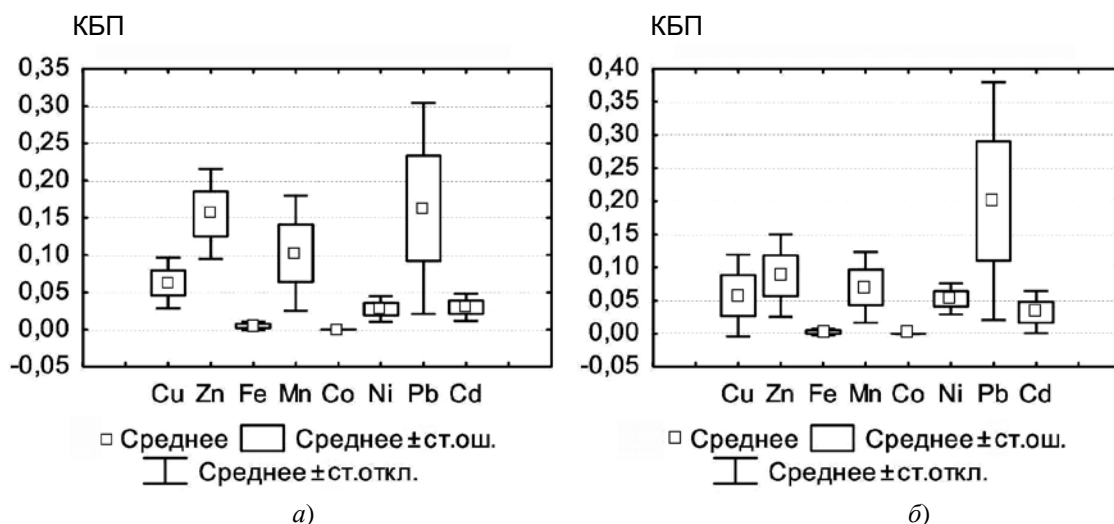


Рис. 2. Коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов растениями *Achillea millefolium* L. на территории пос. Тубинский: а – надземная часть растений; б – подземная часть растений

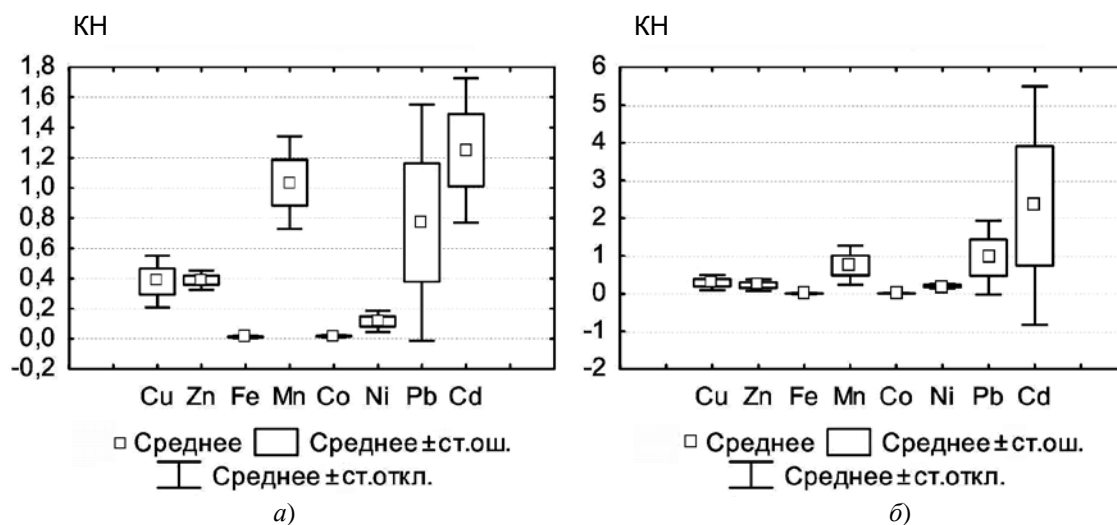


Рис. 3. Коэффициенты накопления тяжелых металлов в растениях *Achillea millefolium* L. на территории пос. Тубинский: а – надземная часть растений; б – подземная часть растений

Для выявления особенностей аккумуляции металлов в органах растения вычисляли КБП, представляющий собой отношение содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в почве или породе. Считается, что если $\text{КБП} > 10$, вид является концентратором изучаемого элемента. Если $10 > \text{КБП} \geq 1$, металл относится к элементам слабого накопления, если $1 > \text{КБП} \geq 0,1$ – к элементам слабого захвата (Ивлев, 1986; Ильин, 1991). Величины КБП элементов показали, что к элементам слабого захвата относятся Zn, Mn и Pb (КБП – 0,10–0,29) (рис. 2).

Поскольку доступными растениям являются подвижные формы металлов, более объективным критерием оценки аккумуляции ТМ растениями из почвы является КН. Это связано с тем, что содержание ТМ в растениях имеет более тесную связь с количеством подвижных форм металлов в почвах, чем с общим содержанием. Величина КН показывает степень «биофильности» химических элементов, а ее изменение – уровень техногенной нагрузки на почву. Расчет КН подтвердил высокую степень биофильности Mn, Cu, Zn. Большой размах содержания токсичных элементов Pb и Cd свидетельствует о наличии техногенной нагрузки на почву (рис. 3).

Исследованный вид растений активно поглощает из почвы Cd, Pb и в меньшей степени – Mn, что согласуется с подвижностью данных элементов в почве. Следует отметить, что при интенсивном поступлении Cd в растения его абсолютное содержание в надземной части растений является самым низким среди изучаемых элементов, а Mn – одно из самых высоких. Очевидно, это связано с ролью данных ТМ в физиологических процессах, протекающих в растениях.

Накопление эссенциальных элементов происходит преимущественно в надземной части растений. В то же время условно эссенциальный

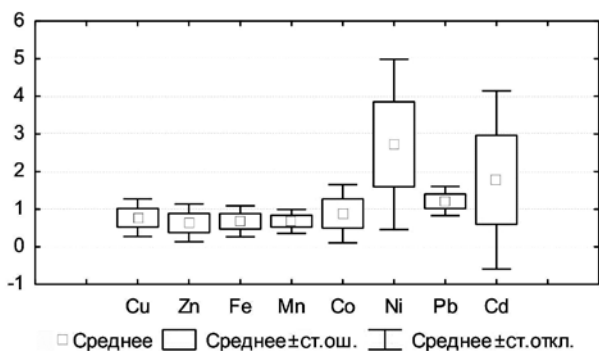


Рис. 4. Элементостатический барьер растений *Achillea millefolium* L. на территории пос. Тубинский

элемент Ni и токсичные элементы Pb и Cd накапливаются, в основном, в подземной части, что указывает на наличие элементостатического барьера по отношению к данным элементам в условиях антропогенной нагрузки (рис. 4).

В исследованных растениях ТМ распределяются по средней величине (\bar{X}) КН следующим образом (в мг/кг): Cd (1,25) > Mn (1,04) > Pb (0,77) > Zn (0,39) > Cu (0,38) > Ni (0,11) > Co (0,02) > Fe (0,01) для надземной части и Cd (2,33) > Pb (0,95) > Mn (0,75) > Cu (0,29) > Zn (0,23) > Ni (0,20) > Co (0,01) = Fe (0,01) для подземной части.

В основе токсического действия ТМ лежит их способность связываться с серосодержащими веществами (SH-группами белков) и образовывать с ними прочные соединения, что приводит к инактивации ферментов и сопровождается нарушением клеточного метаболизма и физиологических процессов. Наиболее общие проявления действия ТМ на растения – это ингибирование фотосинтеза, нарушение транспорта ассимилятов и минерального питания, изменение водного и гормонального статусов организма и торможение роста. Растения выработали целый ряд адаптивных механизмов, защищающих клеточный метаболизм от присутствующих в окружающей среде ТМ. Эти механизмы включают: связывание ТМ клеточной стенкой и выделяемыми клеткой веществами (экссудатами); снижение поступления в клетку ТМ и выброс их из цитоплазмы в апопласт; хелатирование в цитоплазме пептидами и белками; репарацию поврежденных белков и компартиментацию металлов в вакуоли с помощью переносчиков тонопласта (Ильин, 1991).

Проведенные исследования показали, что для растений тысячелистника обыкновенного, произрастающего на территории пос. Тубинский на почвах, загрязненных ТМ, одним из способов защиты от токсичных химических элементов является наличие элементостатического барьера по отношению к ним, что выражается в их накоплении в корневой системе. Это подтверждается данными для других видов тысячелистника. Показано, что в системе «почва – растение» на пути транспортировки ТМ в надземные органы барьерную роль выполняет корневая система тысячелистника азиатского. Медь, марганец, железо, свинец и кадмий накапливаются преимущественно в корнях указанного вида растения. По отношению к цинку барьерная роль корневой системы проявляется лишь в тех случаях, когда концентрация элемента в почве высокая (Ягафарова, 2006).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие на территории населенных пунктов заброшенных карьеров создает экологические проблемы, обусловленные загрязнением объектов окружающей среды тяжелыми металлами.

Почвы поселка Тубинский Баймакского района Республики Башкортостан содержат повышенный уровень меди, цинка, железа, в ряде случаев – кадмия, кобальта и марганца, растения *Achillea millefolium* L. – повышенный уровень цинка и свинца. Для растений характерно наличие барьерных механизмов, способствующих ограничению поступления избыточных количеств тяжелых металлов и уменьшению их содержания в генеративных органах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта №15-16-02003.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.

(Alekseev Yu.V. Heavy metals in soils and plants. L.: Agropromizdat, 1987. 142 s. [In Russ.].)

Алексеева-Попова Н.В. Адаптация растений к избытку тяжелых металлов в биогеохимических провинциях. Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве. 1986. Т. 3. С. 66–67.

(Alekseeva-Popova, N.V. Adaptation of plants to excess heavy metals in biogeochemical provinces. Trace elements in biology and their applications in medicine and agriculture. 1986. T. 3. S. 66–67 [In Russ.].)

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 237 с.

(Vinogradov A.P. Geochemistry of rare and trace elements in soils. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 237 s. [In Russ.].)

Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов госстипола в кормах сельскохозяйственных животных. Утверждены Главным Управлением Ветеринарии министерства сельского хозяйства РВ, 1991.

(Interim maximum allowable levels of certain chemical elements to feed farm animals. Approved by the General Directorate of Veterinary Medicine Department of Agriculture РВ 1991 [In Russ.].)

Ивлев А.М. Биогеохимия. М.: Высш. шк., 1986. 127 с.

(Ivlev A.M. Biogeochemistry. M.: Vyssh. shk., 1986. 127 s. [In Russ.].)

Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.

(Ilyin V.B. Heavy metals in the soil-plant system. Novosibirsk: Nauka, 1991. 151 s. [In Russ.].)

Масленников П.В., Дедков В.П., Куркина М.В., Ващейкин А.С., Журавлев И.О., Бавтрук Н.В. Аккумуляция металлов в растениях урбоэкосистем. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2015. № 7. С. 57–69.

(Maslennikov P.V., Dedkov V.P., Kurkina M.V., Vascheykin A.S., Zhuravlev I.O., Bavtruk N.V. Metal accumulation in plants urboecosystems. Herald Baltic Federal University. Kant. 2015. № 7. S. 57–69 [In Russ.].)

Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Дедков В.П., Куркина М.В., Садовников П.В., Мельник А.С. Аккумуляция цинка в растениях урбоэкосистем Калининграда. Растительные ресурсы. 2014. Т. 50. № 4. С. 83–98.

(Maslennikov P.V., Chupahina G.N., Dedkov V.P., Kurkina M.V., Gardeners P.V., Melnik A.S. The accumulation of zinc in plants urboecosystems Kaliningrad. Plant Resources. 2014. T. 50. № 4. S. 83–98 [In Russ.].)

Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самарский университет, 1997. 100 с.

(Matveev N.M., Pavlovsky V.A., Prokhorov N.V. Ecological bases of accumulation of heavy metals in agricultural plants in the forest steppe and steppe Volga region. Samara: Samara University, 1997. 100 s [In Russ.].)

Методические рекомендации по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1987. 25 с.

(Guidelines on the assessment of the degree of soil pollution hazard chemicals. Moscow: USSR Ministry of Health, 1987. 25 s. [In Russ.].)

Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. СПб: Изд.-во С.-Петербург. ун-та, 2004. 228 с.

(Opekunova M.G. Bioindication contaminants: studies. allowance. SPb: Izd. of St. Petersburg. University Press, 2004. 228 s. [In Russ.].)

Позняк С.С. Биологическая аккумуляция тяжелых металлов растениями на условно загрязненных почвах Республики Беларусь. Вестник Гродненского государственного университета им. Я. Купалы. Серия 5: Экология. 2011а. № 1(112). С. 147–151.

(Pozniak S.S. Biological accumulation of heavy metals by plants conditionally contaminated soils of the Republic of Belarus. Bulletin of the Grodno State University. Kupala. Episode 5: Ecology. 2011. № 1(112). S. 147–151 [In Russ.].)

Позняк С.С. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011б. № 1(13). С. 123–137.

(Pozniak S.S. The content of some heavy metals in the vegetation of the field and meadow agrophytocenosis in the conditions of technogenic pollution of soil. Bulletin of the Tomsk State University. Biology. 2011. № 1(13). S. 123–137 [In Russ.].)

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

(Maximum permissible concentration (MPC) and roughly allowable concentration (ODC) of chemicals in the soil: Hygienic standards. M.: Federal Center of Hygiene and Epidemiology, 2006, 15 s. [In Russ.]).

Семенова И.Н. Биологическая активность как индикатор техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами. Дисс. ... докт. биол. наук. Уфа: БГАУ, 2013. 330 с.

(Semenova I.N. Biological activity as an indicator of technogenic pollution of soils with heavy metals. Diss. ... Doctor. biol. Sciences. Ufa BSAU, 2013. 330 s. [In Russ.]).

Семенова И.Н., Биктимерова Г.Я., Ильбулова Г.Р., Исанбаева Г.Т. Содержание тяжелых металлов в почве окрестностей карьеров Челябинской области. Современные проблемы науки и образования. 2015а. № 2-1.

(Semenova I.N., Biktimerova G.Y., Ibulova G.R., Isanbaeva G.T. Contents of heavy metals in soil pits neighborhoods Chelyabinsk reg ion. Modern problems of science and education. 2015. № 2-1 [In Russ.]).

Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Дровосекова И.В., Муллагулова Э.Р. Элементный статус населения горнорудного региона (на примере Зауральской зоны Республики Башкортостан). Микроэлементы в медицине. 2015б. Т. 16. № 2. С. 47–51.

(Semenova I.N., Rafikova Y.S., Drovosekova I.V., Mullagulova E.R. Elemental status of the mining population of the region (on the example of the Republic of Bashkortostan Zauralskaya zone). // Trace elements in medicine. 2015. Т. 16. № 2. С. 47-51 [In Russ.]).

Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Суюндуков Я.Т. Содержание токсичных металлов в почве и биосубстратах человека на территории некоторых административных районов Башкортостана. В книге: Роль почв в биосфере и жизни человека Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв. 2015в. С. 110–112.

(Semenova I.N., Rafikova Y.S., Suyundukov Ya.T. The content of toxic metals in soil and human biosubstrates on the territory of several administrative districts of Bashkortostan. In the book: The role of soils in the biosphere and human life International Scientific Conference: On the 100th anniversary of the birth of Academician GV Dobrovolsky, the International Year of the soil. 2015. S. 110–112 [In Russ.]).

Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Абдуллина Л.А. Почвы окрестностей Бурибаевского горно-обогатительного комбината: физико-химические свойства и оценка фитотоксичности. Плодородие. 2013а. № 4(73). С. 36–38.

(Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Abdullina L.A. Soils neighborhoods Buribaevskogo mining and processing plant: physico-chemical properties and evaluation of phytotoxicity. Fertility. 2013. № 4(73). S. 36–38 [In Russ.]).

Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Ильбулова Г.Р. Биологическая активность почв как индикатор экологического состояния в условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами (на примере Зауралья Республики Башкортостан). Уфа: Гилем, 2012. 196 с.

(Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Ibulova G.R. The biological activity of soils as indicators of the ecological state in the conditions of technogenic pollution with heavy metals (for example, Trans-Ural Republic of Bashkortostan). Ufa: Guillem, 2012. 196 s [In Russ.]).

Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Севрякова О.А. Экологическая оценка почв в зоне размещения отвалов карьеров медно-колчеданных месторождений на примере города Сибай. Уфа: Гилем, 2013б, 124 с.

(Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Sevryakova O.A. Environmental assessment of soil in the area of accommodation dump pits copper-pyrite deposits on the example of the city of Sibai. Ufa: Guillem, 2013, 124 s. [In Russ.]).

Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Зулкарнаев А.Б. Физическая и химическая деградация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности (Южный Урал). Экология урбанизированных территорий. 2013а, № 1. С. 5–54.

(Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Zulkarnaev A.B. The physical and chemical degradation of soils Sibai city in the zone of influence of mining enterprises (the South Urals). Ecology of the urbanized territories. 2013. №1. S. 50–54 [In Russ.]).

Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Зулкарнаев А.Б., Хабиров И.К. Антропогенная трансформация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности. Уфа: Гилем, 2014. 124 с.

(Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Zulkarnaev A.B., Habirov I.K. Anthropogenic transformation of the city Sibai soil in the zone of influence of mining enterprises. Ufa: Guillem, 2014. 124 s. [In Russ.]).

Суюндуков Я.Т., Янтурин С.И., Сингизова Г.Ш. Накопление и миграция тяжелых металлов в основных компонентах антропогенных экосистем Башкирского Зауралья в зоне влияния объектов горнорудного комплекса. Уфа: Гилем, 2013б, 155 с.

(Suyundukov Ya.T., Yanturin S.I., Singizova G.S. Accumulation and migration of heavy metals in the main components of anthropogenic ecosystems of the Bashkir Trans-Urals in the zone of influence of mining complex objects. Ufa: Guillem, 2013, 155 s. [In Russ.]).

Усманов И.Ю., Семенова И.Н., Щербаков А.В., Суюндуков Я.Т. Эндемичные экологические ниши Южного (Башкирского) Зауралья: многомерность и флуктуирующие режимы. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 1(29). С. 16–22.

(Usmanov I.Y., Semenova I.N., Shcherbakov A.V., Suyundukov Ya.T. Endemic ecological niches of the South (Bashkir) Zauralye: multidimensionality and fluctuation modes. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2014. № 1(29). S. 16–22 [In Russ.]).

Чаплыгин В.А., Манджиева С.С., Минкина Т.М. Закономерности поступления микроэлементов в естественную травянистую растительность Нижнего Дона. // В сб. материалов V Междунар. науч. конф., посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ «Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове». 2015. С. 274–277.

(Chaplygin V.A., Mandzhiyeva S.S., Minkin T.M. Laws of receipt of trace elements in natural grassy vegetation of the Lower Don. The collection of materials of the V International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of the Department of Soil Science and Ecology TSU «Reflection bio-, geo-, antroposfernyh interactions in soils and soil cover of soil». 2015. S 274–277 [In Russ.]).

Ягафарова Г.А. Экологические особенности тысячелистника азиатского в условиях природного загрязнения тяжелыми металлами. Автореферат дисс. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2006. 18 с.

(Yagafarova G.A. Ecological features Asian yarrow in a natural heavy metal pollution. Abstract of diss. ... Cand. biol. Sciences. Togliatti, 2006. 18 s. [In Russ.].)

Янтурин И.Ш., Аминова А.А. Аккумуляция железа, марганца и никеля в подземных и надземных органах *Inula Helenium* L. в условиях Южного Урала. Фундаментальные исследования. 2013. № 6-6. С. 1456–1461.

(Yanturin I.Sh., Amineva A.A. Accumulation of iron, manganese and nickel in underground and above-ground organs *Inula Helenium* L. in the conditions of Southern Urals. Basic Research. 2013. № 6-6. S. 1456–1461 [In Russ.].)

Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Suyundukov Ya.T., Biktimerova G.Ya. Regional Peculiarities of Microelement Accumulation in Objects in the Transural Region of the Republic of Bashkortostan. Springer International Publishing Switzerland, 2016. P. 179–187.

CONTENTS OF BIOELEMENTS IN MEDICINAL PLANTS IN THE DEPLETED OPENCAST AFFECTED AREA (ON THE EXAMPLE OF TUBINSKY VILLAGE, REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

I.N. Semenova, Yu.S. Rafikova, G.Ya. Biktimerova, Ya.T. Suyundukov

Institute of Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Sibaysky branch, Tsetkin str. 2, Sibay, 453830, Russia

ABSTRACT. A number of mining companies located in the territory of the Bashkir Trans-Ural, currently does not work due to the depletion of ore reserves. Despite the cessation of active industrial activity, depleted open pits represent environmental threat to the population, including those related to the high content of heavy metals in the environment. This study was conducted in the Tubinsky village, Baimak district of Bashkortostan, where a large gold deposit developed in the last century. Content of bioelements in medicinal plants in the area affected by a depleted opencast was studied. All investigated soil samples had increased as compared to the maximum permissible concentration of total content of essential elements: Cu (1.4 to 9.7 times), Zn (3.4 to 6.2 times), Fe (from 5.5 to 31.9 times), Co (1.1 to 1.4 times), part of the samples was contaminated Mn (1.4 times), Cd (from 1.1 to 2.2 times). Elevated levels of mobile forms were detected in all investigated soil samples for the following chemical elements: Cu (4.6 to 18.7 times), Zn (6.2 to 8.0 times), Fe (12.7 to 36, 8 times), Ni (1.5 to 2.5 times). Some samples were characterized by an increased content of mobile Mn (1.3 times). In plants, *Achillea millefolium* L., growing in the study area, the maximum allowable levels of zinc and lead were exceeded. The magnitude of the average content of studied heavy metals in yarrow organs can be represented in the following descending series (mg/kg): Fe (1037.5) > Mn (148.5) > Zn (65.6) > Cu (9.7) > Pb (2.8) > Ni (0.9) > Cd (0.09) > Co (0.06) for the above-ground parts and Fe (718.8) > Mn (111.0) > Zn (40.3) > Cu (8.0) > Pb (3.4) > Ni (1.9) > Cd (0.08) > Co (0.04) to the roots. Thus, yarrow plants have a relatively low accumulation of most heavy metals from soil and considerable tolerance in relation to them, due to the barrier function of the root system.

KEYWORDS: bioelements, heavy metals, Bashkir Trans-Ural, *Achillea millefolium* L., mining companies.