

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ (*Artemisia austriaca* Jacq, *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv., *Potentilla bifurca* L.) И ПОЧВЕ В ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Каниболоцкая Ю.М.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Приводятся результаты исследования содержания тяжелых металлов (Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr) в растительных (*Artemisia austriaca* Jacq., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. и *Potentilla bifurca* L.) и почвенных пробах, отобранных в зоне влияния промышленных предприятий г. Павлодара и г. Аксу.

The article provides results of research on the level of heavy metals such as Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr in the soil and vegetable (*Artemisia austriaca* Jacq., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. and *Potentilla bifurca* L.) samples taken on affected zone of industrial plant of Pavlodar city and Aksu city.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжелые металлы, загрязнение окружающей среды, концентрации металлов в почве и растениях, коэффициент биологического поглощения, аккумуляция металлов растениями

ВВЕДЕНИЕ:

Среди крупных индустриальных центров Республики Казахстан город Павлодар является одним из самых загрязненных [1] вследствие функционирования ведущих предприятий региона - Павлодарского алюминиевого (ПАЗ, или АО «Алюминий Казахстана»), нефтеперерабатывающих заводов (ПНПЗ), ТЭЦ-1,2,3, Аксуского завода ферросплавов (АЗФ), Аксуской электростанции (АГРЭС), а также работавших ранее тракторного (на его базе - ПФ ТОО «KSP Steel», ПФ ТОО «Кастинг») и химического заводов (на его базе – АО «Каустик»).

В окружающую среду тяжелые металлы (ТМ) поступают в основном путем техногенного рассеяния, что ведет к загрязнению окружающей среды и изменению химического состава почв и растений.

Растения аккумулируют продукты химических выбросов, в том числе и ТМ, выполняя при этом роль буфера и детоксиканта. Влияние избытка металлов на растительные организмы может быть прямым (при непосредственном накоплении поллютантов) и косвенным (при негативном воздействии ТМ на состав, свойства почвы и ее плодородие) [2].

Распределение химических элементов в почвенном покрове отображает процессы загрязнения во всех геосферах. А так как скорость миграции вещества здесь значительно ниже, чем в других средах, то почвенный состав отражает длительные процессы загрязнения, вызванные производственной деятельностью промышленных предприятий.

Для техногенных территорий, независимо от типа почв, характерна приуроченность максимальных концентраций ТМ к верхнему почвенному горизонту, непосредственно контактирующему с приземным слоем атмосферы (до 10-20см) [1,3,4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Исследования по оценке загрязнения растительности проводились в зоне влияния промышленных предприятий г. Павлодара и г. Аксу, в радиусе 50 км от границы г. Павлодара. Пробы почв и растений для химических анализов отбирались в 2006г на различных расстояниях от промышленных предприятий г. Павлодара и Аксу (табл.1,2) согласно стандартным методическим рекомендациям [5,6]. Точки отбора проб приурочены к преобладающим растительным сообществам, в которых сделаны детальные геоботанические описания (2006, 2007, 2009 годы), включая оценку флористического состава, эколого-биоморфологическую характеристику отдельных видов, вертикальную и горизонтальную структуру. Определение содержания элементов в почве и растениях осуществлялось методом рентгенофлюоресцентного анализа (для почвы – с отжигом, для растений – с предварительным озолением) на РФА - спектрометре «Спектроскан GF-1Е» (Россия, 2000г/в). Сопоставление предельно-допустимых концентраций элементов в почве

устанавливалось согласно нормативам ПДК [7,8,9] содержанием). Коэффициент опасности K_0 (Табл. 1) (концентрации Fe сравнивали с фоновым содержанием) определяли по формуле [10]:

$$K_0 = \frac{C}{ПДК} = \frac{\text{фактически й уровень содержания элемента в почве}}{ПДК \text{ элемента в почве}}$$

Для оценки загрязнения растений мы использовали *Artemisia austriaca Jacq.* - полынь австрийскую, *Agropyron pectinatum (Bieb.) Beauv.* - пырей гребенчатый и *Potentilla bifurca L.* – лапчатку вильчатую, поскольку сообщества с участием этих растений имеют широкое распространение на территории наших исследований. Эти виды могут быть отнесены к сорным, поскольку являются

дигрессионно-активными и быстро занимают свободные ниши на деградированных участках. В сообществах они часто выступают в роли либо доминанта (полынь и пырей), либо субдоминанта (все перечисленные виды), поэтому могут служить надежным индикатором загрязнения. Коэффициент биологического поглощения A_x (Табл. 2) определяли по формуле [11]:

$$A_x = \frac{l_x}{n_x} = \frac{\text{содержание элемента } x \text{ в золе растения}}{\text{содержание элемента } x \text{ в почве}}$$

(усредненное содержание ТМ в почве рассчитано для каждой пары проб (0-5см и 10-15см) из таблицы 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ:

В таблице 1 приводятся показатели степени загрязнения почв территории исследования тяжелыми металлами.

Таблица 1 Показатели степени загрязнения почв металлами (Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr) (валовое содержание)

М О П	Глу бина, см	Валовое содержание металлов в почве (числитель – в мг/кг; знаменатель – K_0)								
		Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Sr
1	0-5	<u>2519</u>	<u>60,0</u>	<u>479</u>	<u>18798</u>	<u>27,0</u>	<u>20,8</u>	<u>28,0</u>	<u>24,0</u>	<u>265</u>
		0,50	1,20	0,32	0,96	0,60	0,52	0,28	1,20	0,53
	10-15	<u>3088</u>	<u>102</u>	<u>479</u>	<u>22000</u>	<u>31,0</u>	<u>20,7</u>	<u>33,0</u>	<u>17,0</u>	<u>262</u>
		0,62	2,04	0,32	1,14	0,69	0,52	0,33	0,85	0,52
2	0-5	<u>3204</u>	<u>85,0</u>	<u>657</u>	<u>24620</u>	<u>33,0</u>	<u>21,0</u>	<u>50,0</u>	<u>24,0</u>	<u>209</u>
		0,64	1,70	0,44	1,26	0,73	0,53	0,50	1,20	0,42
	10-15	<u>3836</u>	<u>84,0</u>	<u>702</u>	<u>27174</u>	<u>35,0</u>	<u>20,8</u>	<u>55,0</u>	<u>24,0</u>	<u>213</u>
		0,77	1,68	0,47	1,41	0,78	0,52	0,55	1,20	0,43
3	0-5	<u>2812</u>	<u>101</u>	<u>540</u>	<u>22448</u>	<u>28,0</u>	<u>20,5</u>	<u>36,0</u>	<u>19,0</u>	<u>272</u>
		0,56	2,02	0,36	1,15	0,62	0,51	0,36	0,95	0,54
	10-15	<u>3130</u>	<u>85,0</u>	<u>503</u>	<u>23538</u>	<u>33,0</u>	<u>21,0</u>	<u>45,0</u>	<u>20,0</u>	<u>252</u>
		0,63	1,70	0,34	1,22	0,73	0,53	0,45	1,00	0,50
4	0-5	<u>3419</u>	<u>346</u>	<u>697</u>	<u>24738</u>	<u>36,0</u>	<u>21,0</u>	<u>56,0</u>	<u>24,0</u>	<u>222</u>
		0,68	6,92	0,46	1,27	0,80	0,53	0,56	1,20	0,44
	10-15	<u>3778</u>	<u>242</u>	<u>705</u>	<u>25958</u>	<u>34,0</u>	<u>21,0</u>	<u>63,0</u>	<u>31,0</u>	<u>220</u>
		0,76	4,84	0,47	1,35	0,76	0,53	0,63	1,55	0,44
5	0-5	<u>3457</u>	<u>79,0</u>	<u>841</u>	<u>25846</u>	<u>36,0</u>	<u>21,0</u>	<u>53,0</u>	<u>24,0</u>	<u>243</u>
		0,69	1,58	0,56	1,33	0,80	0,53	0,53	1,20	0,49
	10-15	<u>3506</u>	<u>116</u>	<u>772</u>	<u>26596</u>	<u>34,0</u>	<u>21,0</u>	<u>54,0</u>	<u>15,0</u>	<u>232</u>
		0,70	2,32	0,51	1,38	0,76	0,53	0,54	0,75	0,46

Ф О Н	0-5	$\frac{3025}{0,61}$	$\frac{67,0}{1,34}$	$\frac{467}{0,31}$	19502	$\frac{26,0}{0,58}$	$\frac{20,5}{0,51}$	$\frac{46,0}{0,46}$	$\frac{15,0}{0,75}$	$\frac{234}{0,47}$
	10-15	$\frac{3113}{0,62}$	$\frac{68,0}{1,36}$	$\frac{434}{0,29}$	19274	$\frac{24,0}{0,53}$	$\frac{21,0}{0,53}$	$\frac{44,0}{0,44}$	$\frac{27,0}{1,35}$	$\frac{223}{0,45}$
ПДК, мг/кг		5000	50	1500	-	45	40	100	20	500

Условные обозначения: МОП – место отбора проб; **1** – 3,6км к западу от ТЭЦ-3 (3км к западу от ПНПЗ, 6км к с-з от ПФ ТОО «Кастинг»); **2** – 5км к северу от АЗФ (3км к северу от АГРЭС, 20км запад ПАЗ); **3** – 3км к северу от АЗФ (1км север АГРЭС, 20км запад ПАЗ); **4** – 1,5км к северу АЗФ (юг АГРЭС 1км); **5** – 25км к югу от АЗФ (27км юг АГРЭС, 50км на юг от г.

Павлодара); **ФОН** - 50км к с-с-з от Павлодара (40км с. ПНПЗ, 46км с-с-з ПФ ТОО «Кастинг»)

В таблице 2 – содержание (мг/кг) тех же металлов в растительных пробах, отобранных на рассматриваемой территории.

Таблица 2 Содержание металлов (Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr) (мг/кг) в *Artemisia austriaca*, *Agropyron pectinatum* и *Potentilla bifurca*

В и д	Содержание металлов в растениях (числитель - содержание в мг/кг, знаменатель – Ах)								
	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Sr
1*									
<i>A.a</i>	$\frac{534}{0,19}$	$\frac{22,9}{0,28}$	$\frac{136}{0,28}$	$\frac{4413,5}{0,22}$	$\frac{7,00}{0,24}$	$\frac{3,29}{0,16}$	$\frac{33,0}{1,08}$	$\frac{6,83}{0,33}$	$\frac{35,0}{0,13}$
<i>A.p</i>	$\frac{310,2}{0,11}$	$\frac{12,6}{0,16}$	$\frac{158}{0,33}$	$\frac{2896}{0,14}$	$\frac{4,60}{0,16}$	$\frac{2,20}{0,11}$	$\frac{36,85}{1,21}$	$\frac{4,47}{0,22}$	$\frac{20,0}{0,08}$
<i>P.b</i>	$\frac{84,0}{0,03}$	$\frac{13,0}{0,16}$	$\frac{165}{0,34}$	$\frac{979}{0,05}$	$\frac{2,80}{0,10}$	$\frac{1,20}{0,06}$	$\frac{39,0}{1,28}$	$\frac{1,90}{0,09}$	$\frac{51,0}{0,19}$
2*									
<i>A.a</i>	$\frac{943}{0,27}$	$\frac{628}{7,43}$	$\frac{226}{0,33}$	$\frac{5991}{0,23}$	$\frac{11,0}{0,32}$	$\frac{4,00}{0,19}$	$\frac{41,0}{0,78}$	$\frac{9,90}{0,41}$	$\frac{53,0}{0,25}$
<i>A.p</i>	$\frac{1406}{0,40}$	$\frac{32,0}{0,38}$	$\frac{558}{0,82}$	$\frac{8650}{0,33}$	$\frac{11,6}{0,34}$	$\frac{4,60}{0,22}$	$\frac{112}{2,13}$	$\frac{12,2}{0,51}$	$\frac{81,0}{0,38}$
<i>P.b</i>	$\frac{226}{0,06}$	$\frac{108}{1,28}$	$\frac{75,6}{0,11}$	$\frac{1799}{0,07}$	$\frac{4,00}{0,12}$	$\frac{2,00}{0,10}$	$\frac{67,0}{1,28}$	$\frac{3,00}{0,13}$	$\frac{114}{0,54}$
3*									
<i>A.a</i>	$\frac{778}{0,26}$	$\frac{416}{4,47}$	$\frac{178}{0,34}$	$\frac{4572}{0,20}$	$\frac{7,00}{0,23}$	$\frac{3,00}{0,14}$	$\frac{40,0}{0,99}$	$\frac{9,00}{0,46}$	$\frac{39,0}{0,15}$
<i>A.p</i>	$\frac{408,95}{0,14}$	$\frac{124}{1,33}$	$\frac{162}{0,31}$	$\frac{3251,5}{0,14}$	$\frac{6,30}{0,21}$	$\frac{2,25}{0,11}$	$\frac{36,3}{0,90}$	$\frac{4,98}{0,26}$	$\frac{20,5}{0,08}$
<i>P.b</i>	$\frac{240}{0,08}$	$\frac{72,6}{0,78}$	$\frac{74,9}{0,14}$	$\frac{1914}{0,08}$	$\frac{3,30}{0,11}$	$\frac{2,10}{0,10}$	$\frac{25,0}{0,62}$	$\frac{3,50}{0,18}$	$\frac{84,0}{0,32}$
4*									
<i>A.a</i>	$\frac{1697}{0,47}$	$\frac{2365}{8,04}$	$\frac{494}{0,70}$	$\frac{10753}{0,42}$	$\frac{24,0}{0,69}$	$\frac{5,00}{0,24}$	$\frac{65,0}{1,09}$	$\frac{14,0}{0,51}$	$\frac{52,0}{0,24}$

<i>A.p</i>	$\frac{376,9}{0,10}$	$\frac{367}{1,25}$	$\frac{194}{0,28}$	$\frac{3139,5}{0,12}$	$\frac{6,30}{0,18}$	$\frac{2,15}{0,10}$	$\frac{60,5}{1,02}$	$\frac{5,02}{0,18}$	$\frac{24,5}{0,11}$
<i>P.b</i>	$\frac{52,5}{0,01}$	$\frac{210}{0,71}$	$\frac{107}{0,15}$	$\frac{440}{0,02}$	$\frac{2,00}{0,06}$	$\frac{0,90}{0,04}$	$\frac{46,0}{0,77}$	$\frac{0,90}{0,03}$	$\frac{78,0}{0,35}$
5*									
<i>A.a</i>	513	4120	310	3225	21,30	28,0	86,0	10,3	18,0
<i>A.p</i>	584,3	1541	253,5	6133	18,25	3,55	75,0	9,60	45,5
<i>P.b</i>	379	1531	183	3321	1,50	2,70	192	6,00	56,0
6*									
<i>A.a</i>	$\frac{346}{0,10}$	$\frac{58,8}{0,60}$	$\frac{143}{0,18}$	$\frac{2700}{0,10}$	$\frac{5,00}{0,14}$	$\frac{2,20}{0,10}$	$\frac{23,0}{0,43}$	$\frac{5,00}{0,26}$	$\frac{49,0}{0,21}$
<i>A.p</i>	$\frac{319,95}{0,09}$	$\frac{29,15}{0,30}$	$\frac{160,5}{0,20}$	$\frac{3652}{0,14}$	$\frac{4,90}{0,14}$	$\frac{2,05}{0,10}$	$\frac{27,75}{0,52}$	$\frac{3,70}{0,19}$	$\frac{25,85}{0,11}$
<i>P.b</i>	$\frac{601}{0,17}$	$\frac{63,0}{0,65}$	$\frac{213}{0,26}$	$\frac{784}{0,03}$	$\frac{3,70}{0,11}$	$\frac{1,10}{0,05}$	$\frac{55,0}{1,03}$	$\frac{1,60}{0,08}$	$\frac{108}{0,45}$
ФОН*									
<i>A.a</i>	$\frac{315}{0,10}$	$\frac{17,0}{0,25}$	$\frac{119}{0,26}$	$\frac{3230}{0,17}$	$\frac{4,10}{0,16}$	$\frac{2,20}{0,11}$	$\frac{19,0}{0,42}$	$\frac{3,80}{0,18}$	$\frac{78,0}{0,34}$
<i>A.p</i>	$\frac{187,5}{0,06}$	$\frac{1,95}{0,03}$	$\frac{124}{0,28}$	$\frac{1703}{0,09}$	$\frac{3,25}{0,13}$	$\frac{1,90}{0,09}$	$\frac{73,0}{1,62}$	$\frac{2,60}{0,12}$	$\frac{21,5}{0,09}$
<i>P.b</i>	$\frac{28,25}{0,01}$	$\frac{5,30}{0,08}$	$\frac{118}{0,26}$	$\frac{377,5}{0,02}$	$\frac{2,05}{0,08}$	$\frac{0,95}{0,05}$	$\frac{21,3}{0,47}$	$\frac{0,85}{0,04}$	$\frac{81,0}{0,35}$

Условные обозначения: **вид** – вид анализируемого растения: *A.a.* - *Artemisia austriaca*, *A.p.* - *Agropyron pectinatum*, *P.b.* - *Potentilla bifurca*; **1*** – 3,6км к западу от ТЭЦ-3 (3км к западу от ПНПЗ, 6км к с-з от ПФ ТОО «Кастинг»); **2*** – 5км к северу от АЗФ (3км север АГРЭС, 20км запад ПАЗ); **3*** - 3км север АЗФ (1км север АГРЭС, 20км запад ПАЗ); **4*** - 1,5км к северу АЗФ (юг АГРЭС 1км); **5*** – 1км к ю-в от АЗФ (3,5км к югу от АГРЭС); **6*** - 25км к югу от АЗФ (27км к югу от АГРЭС, 50км на юг от г. Павлодара); **ФОН*** - 50км к с-с-з от Павлодара (с. ПНПЗ 40км, с-с-з 46км ПФ ТОО «Кастинг»)

Данные о поглощении рассматриваемых элементов растениями приведены в следующей таблице.

Таблица 3 Среднее значение коэффициента биологического поглощения A_x

Вид	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Sr
<i>A.a</i>	0,26	4,16	0,37	0,23	0,32	0,17	0,87	0,39	0,20
<i>A.p</i>	0,17	0,68	0,39	0,17	0,21	0,13	1,16	0,27	0,15
<i>P.b</i>	0,07	0,72	0,20	0,05	0,10	0,07	1,00	0,10	0,37

Условные обозначения: **вид** – вид анализируемого растения: *A.a.* - *Artemisia austriaca*, *A.p.* - *Agropyron pectinatum*, *P.b.* - *Potentilla bifurca*; **выделены** наибольшие средние значения КБП

ДИСКУССИЯ:

Опасность загрязнения почвы тем выше, чем больше значение K_0 превышает 1. Данные аналитического обследования почвы свидетельствуют о значительном

превышении ПДК по хром (Cr) (K_0 - от 1,20 до 6,92 в слое почвы 0-5см и от 1,68 до 4,84 в слое 10-15см). Менее - по свинцу (Pb) (K_0 - от 0,95 до 1,20 в слое

почвы 0-5см и от 0,75 до 1,55 в слое 10-15см). Содержание в почве железа (Fe) превышает фоновые значения (от 0,96 до 1,33 в слое 0-5см и от 1,14 до 1,41 – в слое 10-15см). Высокие концентрации Cr и Fe, скорее всего, связаны с выбросами АЗФ, а Pb – с выхлопными газами автотранспорта. Близко к ПДК ($K_0 \approx 1$) содержание в почве титана (Ti) и никеля (Ni), несколько больше 0,5 ПДК ($K_0 \approx 0,5$) содержание цинка (Zn), марганца (Mn), меди (Cu) и стронция (Sr).

Максимальные концентрации металлов в почве отмечаются в пробах, отобранных: в 1,5км к северу АЗФ (юг АГРЭС-1км) – Cr, Zn, Cu и Pb – полностью, Ni – в слое почвы 0-5см; в 25км к югу от АЗФ – Mn и Cu – полностью, Pb, Fe, Ni, Ti – в слое 0-5см; в 5км к северу от АЗФ (3км к северу от АГРЭС, 20км запад ПАЗ) – Pb и Cu – в слое почвы 0-5см, Fe, Ni, Ti – в слое почвы 10-15см; в 3,6км к западу от ТЭЦ-3 (3км к западу от ПНПЗ, 6км к с-з от ПФ ТОО «Кастинг») – Pb – в слое 0-5 см и Sr – в слое 10-15см; в 3км к северу от АЗФ (1км север АГРЭС, 20км запад ПАЗ) – Sr – в слое почвы 0-5см и Cu – в слое 10-15см.

При анализе содержания металлов в растениях выявлено, что коэффициент биологического поглощения A_x для Cu, Sr, Fe, Ti, Ni, Mn и Pb невысок (Таблица 3), поэтому можно считать, что *A. austriaca*, *A. pectinatum* и *P. bifurca* эти элементы аккумулируют незначительно.

Cr и Zn накапливаются в рассматриваемых растениях активнее, чем другие элементы. Так, для *Artemisia austriaca* среднее значение A_{Zn} - 0,87, A_{Cr} - 4,16; для *Agropyron pectinatum* - A_{Cr} - 0,68, A_{Zn} - 1,16; среднее значение A_{Cr} для *Potentilla bifurca* - 0,72, а A_{Zn} - 1,00. Накопление большей части рассматриваемых металлов (Ti, Fe, Ni, Cu и Pb) уменьшается в ряду *Artemisia austriaca* > *Agropyron pectinatum* > *Potentilla bifurca*. Для проб, отобранных на расстоянии 1км к юго-востоку от АЗФ, рассчитать КБП нет возможности, поскольку анализ почвы не проводился, но можно отметить высокое содержание элементов в *A. austriaca*, *A. pectinatum* и *P. bifurca* (см. далее).

Содержание свинца (Pb), относящегося к элементам первого класса опасности (классы опасности указаны по [1]), в *A. austriaca* на разных участках изменяется от 5,0 (6*) до 14,0 (4*) мг/кг (фон - 3,8); цинка (Zn), также элемента первого класса опасности, от 23,0 (6*) до 86,0 (5*) мг/кг (при фоновых 19,0мг/кг). Количество Pb в *A. pectinatum* колеблется от 3,7 (6*) до 12,2 (2*) мг/кг (фон - 2,6); Zn - от 27,75 (6*) до 112 (2*) мг/кг (при фоновых 73,0мг/кг). Содержание Pb в *P. bifurca* на разных участках - от 0,9 (4*) до 6,0 (5*) мг/кг (фон - 0,85); Zn - от 25 (3*) до 192 (5*) мг/кг (при фоновых 21,3мг/кг).

Элементы второго класса опасности: диапазон содержания никеля (Ni) в *A. austriaca* - от 5,0 (6*) до 24,0 (4*) мг/кг (фон - 4,1); меди (Cu) - от 2,2 (6*) до

28,0 (5*) мг/кг (фон - 2,2); хрома (Cr) - от 22,9 (1*) до 4120 (5*) мг/кг (фон - 17,0). Содержание Ni в *A. pectinatum* колеблется от 4,6 (1*) до 18,25 (5*) мг/кг (фон - 3,25); Cu - от 2,05 (6*) до 4,6 (2*) мг/кг (фон - 1,9); Cr - от 12,6 (1*) до 1541 (5*) мг/кг (фон - 1,95). Количество Ni в *P. bifurca* - от 1,5 (5*) до 4,0 (2*) мг/кг (фон - 2,05); Cu - от 0,9 (4*) до 2,7 (5*) мг/кг (фон - 0,95); Cr - от 13,0 (1*) до 1531 (5*) мг/кг (фон - 5,3).

Элементы третьего класса опасности: содержание марганца (Mn) в *A. austriaca* на разных расстояниях от промышленных предприятий - от 136 (1*) до 494 (4*) мг/кг (фон - 119); стронция (Sr) - от 18,0 (5*) до 53,0 (2*) мг/кг (фон - 78,0мг/кг). Диапазон содержания Mn в *A. pectinatum* - от 158 (1*) до 558 (2*) мг/кг (фон - 124); Sr - от 20,0 (1*) до 81,0 (2*) мг/кг (фон - 21,5мг/кг). Содержание Mn в *P. bifurca* на разных расстояниях от промышленных предприятий - от 74,9 (3*) до 213 (6*) мг/кг (фон - 118); Sr - от 51,0 (1*) до 114 (2*) мг/кг (фон - 81,0мг/кг).

Диапазон содержания железа (Fe) в *A. austriaca* - от 2700 (6*) до 10753 (4*) мг/кг (фон - 3230мг/кг); титана (Ti) - от 346 (6*) до 1697 (4*) мг/кг (фон - 315). Количество Fe в *A. pectinatum* - от 2896 (1*) до 8650 (2*) мг/кг (фон - 1703мг/кг); Ti - от 310,2 (1*) до 1406 (2*) мг/кг (фон - 187,5). Содержание Fe в *P. bifurca* - от 440 (4*) до 3321 (5*) мг/кг (фон - 377,5мг/кг); Ti - от 52,5 (4*) до 601 (6*) мг/кг (фон - 28,25).

В пробах, собранных в 50км к югу от Павлодара, отмечены минимальные концентрации Pb, Zn, Ni, Cu, Fe и Ti в *A. austriaca*; Pb, Zn и Cu - в *A. pectinatum*. В пробах, собранных в 3,6км к западу от ТЭЦ-3 (3км к западу от ПНПЗ, 6км к с-з от ПФ ТОО «Кастинг») - минимум Cr и Mn - в *A. austriaca*; Ni, Cr, Mn, Sr, Fe и Ti - в *A. pectinatum*; Cr и Sr - в *P. bifurca*. В пробах, собранных в 1км к ю-в от АЗФ (3,5км к югу от АГРЭС) - минимум Sr в *A. austriaca*; Ni - в *P. bifurca*. В пробах, собранных в 1,5км к северу АЗФ (юг АГРЭС 1км), отмечены минимальные концентрации Pb, Cu, Fe и Ti в *P. bifurca*; в 3км север АЗФ (1км север АГРЭС, 20км запад ПАЗ) - минимум Zn и Mn также в *P. bifurca*.

В пробах, собранных в 1,5км к северу АЗФ (юг АГРЭС-1км), отмечено максимальное, по результатам наших исследований, накопление Pb, Ni, Mn, Fe и Ti в *A. austriaca*. В пробах, собранных в 1км к ю-в от АЗФ (3,5км к югу от АГРЭС) - максимальное накопление Zn, Cu, Cr также в *A. austriaca*; Ni и Cr - в *A. pectinatum*; Pb, Zn, Cu, Cr и Fe - в *P. bifurca*. В пробах, собранных в 3км к северу от АГРЭС (север АЗФ-5км, 20км запад ПАЗ) - максимальное накопление Sr в *A. austriaca*; в *A. pectinatum* - Pb, Zn, Cu, Mn, Sr, Fe, Ti; в *P. bifurca* - Ni и Sr. В пробах, собранных в 50км к югу от Павлодара - максимум Mn и Ti в *P. bifurca*.

ВЫВОДЫ:

Данные аналитического обследования почвы исследуемой территории свидетельствуют о значительном превышении предельно допустимых концентраций по Cr (K_0 - от 1,20 до 6,92 в слое почвы 0-5см и от 1,68 до 4,84 в слое 10-15см), менее - по Pb (K_0 - от 0,95 до 1,20 в слое почвы 0-5см и от 0,75 до 1,55 в слое 10-15см).

Наибольшие концентрации рассматриваемых элементов в растительных пробах в основном обнаружены на расстоянии в 1-5 км от промышленных предприятий г. Аксу. В исследуемых видах растений активнее, чем другие элементы, накапливаются Cr и Zn. Содержание большей части анализируемых металлов (Ti, Fe, Ni, Cu и Pb) уменьшается в ряду *Artemisia austriaca* > *Agropyron pectinatum* > *Potentilla bifurca*.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Панин М.С. Химическая экология. Учебник для ВУЗов / под ред. Кудайбергенова С.Е. Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2002. 852с.
2. Панин М.С. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского Прииртышья. Семипалатинск: ГУ «Семей», 1999. 309с.
3. Саев Ю.Е., Раевич Б.А., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П., Саркисян С.Ш. Город как техногенный субрегион биосферы // Труды биогеохимической лаборатории. Т. 20. С. 133-165
4. Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе «почва – растения - человек» // Гигиена и санитария, 1997. №1. С. 14-17
5. Биогеохимические и геоботанические исследования. Л.: Недра. 1972. 280с.
6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М: Гидрометеиздат, 1981. 109с.
7. Kloke A. Richtwerte' 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden // Mitteilunger VDLUFA. 1980. Н 1-3. S 9-12
8. Научно-методические указания по мониторингу земель Республики Казахстан. Алматы, 1993. 108с.
9. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве CaH и П, №2546-82 от 13.05.83
10. Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы (нормативные материалы) / Гос. ком. сан-эпид. надзора России. М.: ЦНИИ «Электроника», 1993. 129с.
11. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М: Географгиз. 1961. С.23-481

Accumulation of heavy metals by the vegetation (*Artemisia austriaca* Jacq., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. and *Potentilla bifurca* L.) and soil on affected zone of industrial plant of Pavlodar region

Yu. Kanibolotskaya

(Pavlodar state university after name Toraigyrov)

The article provides results of research on the level of heavy metals such as Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr in the soil and vegetable (*Artemisia austriaca* Jacq., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. and *Potentilla bifurca* L.) samples taken on affected zone of industrial plant of Pavlodar city and Aksu city.

Ю.М. Каниболоцкая

Павлодар облысының өндірістік аймағы әсер ететін жерде топырақ және өсімдіктердегі (*Artemisia austriaca* Jacq., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. және *Potentilla bifurca* L.) ауыр металлдардың аккумуляциясы

(С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті)

Павлодар қаласының және Аксу қаласының өндірістік аймағы әсер ететін жерден алынған топырақ және өсімдік сынамаларындағы (*Artemisia austriaca* Jacq., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. және *Potentilla bifurca* L.) ауыр металлдардың (Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr) үлесін зерттеу нәтижелері айтылған.