

Содержание некоторых химических элементов в почвах и растениях Забайкальского края

The content of some chemical elements in soils and plants of the Transbaikal Territory

Лескова О. А.¹, Бондаревич Е. А.¹, Коцюржинская Н. Н.¹, Лесков А. П.²

Leskova O. A.¹, Bondarevich E. A.¹, Kotsyurzhinskaya N. N.¹, Leskov A. P.²

¹ Читинская государственная медицинская академия, г. Чита, Россия. E-mail: leskova-olga@inbox.ru, ev.bond123@gmail.com, kotsyurzhinskaya@inbox.ru

¹ Chita State Medical Academy, Chita, Russia

² Забайкальский Государственный Университет, г. Чита, Россия. E-mail: leskov-artem80@inbox.ru

² Transbaikal State University, Chita, Russia

Реферат. В работе приведены данные исследований по содержанию химических элементов (Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb) в почвах и растениях, произрастающих на территории Забайкальского края. Выявлено превышение ПДК в почве для хрома, марганца, меди, цинка, бария, свинца в районе исследования. Установлено превышение ПДК для меди, цинка, свинца в *Taraxacum officinale*, *Chamaenerion angustifolium*, *Artemisia frigida*. Обнаружено максимальное накопление химических элементов в *Taraxacum officinale*.

Ключевые слова. Забайкальский край, химические элементы, *Artemisia frigida*, *Chamaenerion angustifolium*, *Taraxacum officinale*.

Summary. The article presents research data on the content of chemical elements (Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb) in soils and plants, growing on the Transbaikal Territory. Exceeded maximum permissible concentrations for chromium, manganese, copper, zinc, barium, lead in the study area was revealed. An excess of the maximum permissible concentrations for copper, zinc, lead in *Taraxacum officinale*, *Chamaenerion angustifolium*, *Artemisia frigida*. The maximum accumulation of chemical elements in *Taraxacum officinale*.

Key words. *Artemisia frigida*, *Chamaenerion angustifolium*, chemical elements, *Taraxacum officinale*, Transbaikal Territory.

В настоящее время важным является вопрос о химическом составе растительного сырья. Известно, что разные виды травянистых и древесных растений активно поглощают микро- и макроэлементы из воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод. Часть химических элементов являются не обязательными для функционирования живых систем, а другие – незаменимыми. На процессы поступления и передвижения химических элементов оказывают влияние тип и pH почвы, форма и концентрация элемента, а также видовые особенности самого растения.

Цель исследования – изучить содержание некоторых химических элементов в почве и некоторых видах растений, произрастающих на территории Забайкальского края.

Объектами исследования являлись почва и следующие виды растений, произрастающие на территории поймы реки Средняя Борзя, по отвалам и технозёмам золотодобывающей артели (окрестности с. Явленка, Нерчинско-Заводского района, Забайкальского края): одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd). Для исследования отбирались внешне неповрежденные, здоровые растения. Исследование элементного состава в растительных образцах проводили в лаборатории рентгеновских методов анализа в Институте геохимии СО РАН (г. Иркутск). Анализ почвенных образцов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Perkin Elmer NexION 300D (США) в аккредитованной лаборатории ЗАО «СЖС Восток Лимитед» (г. Чита).

Проведенные исследования показали, что в почве и исследуемых видах растений обнаружены элементы-металлы различной концентрации (табл. 1).

Таблица 1

Содержание химических элементов в почве (Забайкальский край), мг/кг

	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
почва	15000	600	142	2440	47700	14	191	10000	299	101	9830
ПДК	29600*	5000	100	1500	46500*	85	55	100	340*	30	30

Примеч.: *приведены кларки химических элементов по А. П. Виноградову (1962) (Касимов, Власов, 2015).

По результатам анализа полученных данных зафиксировано превышение ПДК в почве для хрома, марганца, меди, цинка, бария, свинца. Следует отметить значительное превышение ПДК по цинку и свинцу в 100 и 328 раз соответственно. Высокие концентрации свинца в технозомах на территории Забайкальского края были отмечены рядом исследователей (Юргенсон, Горбань, 2015). Кроме того, на исследуемой территории были зафиксированы превышения содержания токсичных микроэлементов и в поверхностных водах (Макаров и др., 2022). Предполагаемыми источниками загрязнения почв исследуемого района являются добыча золотоносных пород поймы реки Средняя Борзя, а также локальная полиметаллическая геохимическая аномалия. Южнее района исследования длительное время проводилась разработка свинцово-цинковых руд (п. Кадая Калганского района), что также повлияло на элементный состав почв, хотя в настоящее время предприятие не функционирует. Полученные результаты согласуются с тезисом, что вблизи месторождений полезных ископаемых концентрация химических элементов в растениях может быть выше предельно допустимых концентраций (Куклин, Цыбикмитова, 2019).

Несмотря на достаточно большие концентрации металлов в почве, в растениях таких количеств нами не зафиксировано (табл. 2.). Известно, что содержание химических элементов в растении зависит от их видовой принадлежности, особенностей физиологии и морфологии, а также условий произрастания (Гордеева, Белоголова, 2012; Попп, Бокова, 2017).

Таблица 2

Содержание химических элементов в растительных образцах (Забайкальский край), мг/кг*

Среднее содержание и ошибка среднего, мг/кг сухого веса	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
<i>Taraxacum officinale</i>											
M±σ	13975 ± 3493,6	210,33 ± 73,3	4,03 ± 0,67	102,25 ± 16,38	2125,75 ± 693,47	3,03 ± 0,43	7,15 ± 1,56	32 ± 8,07	137,5 ± 41,83	42,3 ± 15,58	3,2 ± 0,25
<i>Chamaenerion angustifolium</i>											
M±σ	9076,67 ± 2487,6	12,3 ± 4,8	2,87 ± 0,13	65,33 ± 17,25	208,33 ± 57,09	2,47 ± 0,37	7,83 ± 0,8	25,7 ± 2,63	80,97 ± 8,11	13,7 ± 1,29	3 ± 0
<i>Artemisia frigida</i>											
M±σ	6895 ± 1708,93	85,95 ± 65,32	4,38 ± 1,55	59,5 ± 12,84	874,75 ± 614,43	3,08 ± 0,64	8,85 ± 1,04	27,1 ± 0,82	73,73 ± 6,35	20,6 ± 10,65	3,5 ± 0,5
ПДК для сухих овощей, мг/кг [9]	-	-	-	-	-	5	10	-	-	0,4	

Примеч.: *В таблице приведены усреднённые данные, рассчитанные по среднему содержанию элементов в разных частях растений: стебле, корне, соцветиях и листьях.

По уровню содержания практически всех химических элементов на первом месте оказался *Taraxacum officinale*. Как видно из данных таблицы именно этот вид накапливал все элементы в максимальных количествах. На втором месте по содержанию элементов находится *Artemisia frigida*. Зафиксированы примерно одинаковые содержания меди и свинца у всех исследованных видов.

Следует отметить, что для большей части исследуемых элементов ПДК отсутствует, за исключением меди, цинка и свинца (Пименова, Шелепова, 2004; Предельно..., 1986). Содержание данных элементов в исследуемых растениях превышает ПДК (рис. 1).

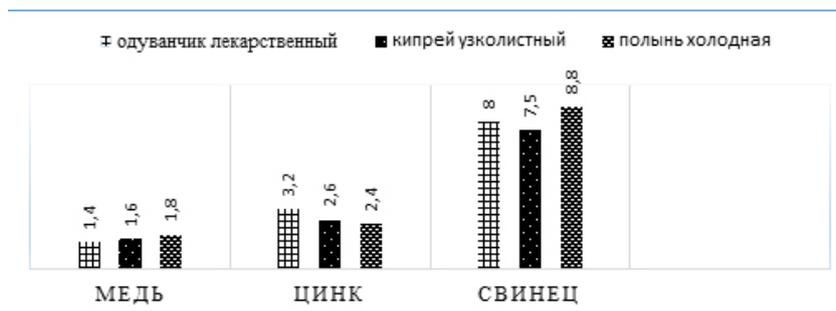


Рис. 1. Превышение ПДК для некоторых элементов в исследуемых видах.

Установлено наибольшее превышение ПДК по меди и свинцу для *Artemisia frigida*, по цинку для *Taraxacum officinale*.

Согласно ОФС.1.5.3.0009.15. содержание свинца в растительном сырье не должно превышать 6,0 мг/кг. Данный параметр для изучаемых видов растений находится в допустимых пределах.

Как видно из результатов исследования при большом содержании свинца и цинка в почве в растения поступает незначительная часть элемента. Вероятно, это связано с тем, что соединения свинца в почве малорастворимы, что ограничивает биодоступность металла (Протасова, Горбунова, 2006; Водяницкий, 2008; Дьякова, 2020). Кроме того, можно предположить наличие различных физиологических барьеров в растениях, препятствующих накопления химических элементов.

По суммарному содержанию всех элементов в органах изучаемых видов на первом месте также оказался *Taraxacum officinale* (рис. 2).

По данному показателю данные виды можно расположить в следующий ряд: *Taraxacum officinale* > *Artemisia frigida* > *Chamaenerion angustifolium*. На основании суммарного содержания и превышения ПДК элементов-токсикантов не рекомендуется использовать *Taraxacum officinale* в качестве лекарственного растительного сырья



Рис. 2. Суммарное содержание химических элементов, мкг/кг.

Таким образом, в почвах района исследования обнаружено превышение ПДК для хрома, марганца, меди, цинка, бария, свинца, что вероятно связано с интенсивным техногенным воздействием на почвенный покров из-за золотодобычи. Аккумуляция элементов-металлов в растительных тканях была низкой, таким образом, виды реализуют физиолого-биохимические механизмы защиты от поступления избытка токсикантов и адаптируются к техногенезу. Максимальные индивидуальные дозы исследованных химических элементов, а также наибольшее суммарное содержание элементов зафиксировано в *Taraxacum officinale*.

ЛИТЕРАТУРА

- Водяницкий Ю. Н.** Роль почвенных компонентов в закреплении техногенных As, Zn и Pb в почвах // *Агрохимия*, 2008. – № 1. – С. 83–91.
- Гордеева О. Н., Белоголова Г. А.** Биодоступность макро- и микроэлементов в природно-техногенных условиях г. Свирска (Южное Прибайкалье) // *Современные проблемы геохимии*. – Иркутск, 2012. – Т. 1. – С. 142–146.
- Дьякова Н. А.** Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным сырьем // *Изв. Саратов. Ун-та. Нов. Сер. Сер. Химия. Биология. Экология*, 2020. – Т. 20. – Вып. 4. – С. 445–451.
- Куклин А. П., Цыбекмитова Г. Ц.** Содержание токсичных элементов в воде и микроводорослях в водных объектах бассейна трансграничной реки Аргунь (Россия) // *Теоретическая и прикладная экология*, 2019. – № 1. – С. 30–35.
- Касимов Н. С., Власов Д. В.** Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // *Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География*. 2015. – № 2. – С. 7–17.
- Макаров В. П., Ларин В. С., Михеева М. А., Солодухина М. А., Малых О. Ф., Банищикова Е. А., Желибо Т. В.** Накопление химических элементов лекарственными растениями в Нерчинской степи (Забайкальский край) // *Химия растительного сырья*, 2022. – № 1. – С. 225–234.
- ОФС.1.5.3.0009.15.* Определение содержания тяжёлых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah>
- Пименова М. Е., Шелепова О. В.** Природное разнообразие содержания тяжёлых металлов в дикорастущих лекарственных растениях в сравнении с нормативами ПДК // *Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства*, 2004. – №1. – С. 155–157.
- Попп Я. И., Бокова Т. И.** Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // *Вестн. Новосиб. гос. аграр. ун-та*, 2017. – № 1. – С. 84 – 92.
- Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах* (Сан ПиН 42-123-4089-86). 1986. – М.: МЗ СССР. – 182 с.
- Протасова Н. А., Горбунова Н. С.** Формы соединений никеля, свинца и кадмия в чернозёмах центрально-черноземного региона // *Агрохимия*, 2006. – № 8. – С. 68–76.
- Юргенсон Г. А., Горбань Д. Н.** Свинец и висмут в полыни Гмелина хвостохранилища Шерловогорского ГОКа (Юго-восточное Забайкалье) // *Вестник ЗабГУ*, 2015. – № 10(125) – С. 20–32.