

Научная статья
УДК 631.95+574.4
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_95

Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих растениях и растениеводческой продукции Балецкого рудного поля (Забайкальский край)

Мария Анатольевна Солодухина¹, Игорь Евгеньевич Михеев²,
Екатерина Анатольевна Банщикова³, Татьяна Витальевна Желибо^{4✉}

^{1, 2, 3, 4}Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия

⁴zhelibo@mail.ru✉

Аннотация. Добыча полезных ископаемых приводит к интенсификации миграции химических элементов в компоненты окружающей среды. На больших площадях в селитебных ландшафтах наблюдается загрязнение всех компонентов ландшафтов химическими элементами I и II классов опасности. Летом 2020 г. сотрудниками ИПРЭК СО РАН было проведено маршрутное обследование территории природно-техногенной геохимической аномалии Балецкое рудное поле. Оценено состояние наземных экосистем, возможных источников антропогенного воздействия, отобраны и проанализированы образцы дикорастущих растений и растениеводческой продукции (овощи). Установлено, что растения и овощи, которые употребляются в пищу местным населением, нельзя считать безопасными. В листьях иван-чая узколистого (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) выявлено превышение ПДК всех исследуемых элементов, кроме ртути. В листьях тимьяна даурского (*Thymus dahuricus* Serg.) обнаружено существенное превышение всех исследованных химических элементов, кроме ртути, аналогично и в грибах (кроме ртути и свинца). В овощах, реализуемых в г. Балецк, в целом из всех проб в выборке нет ни одной, полностью соответствующей нормативным документам. В клубнях очищенного от кожуры картофеля установлено превышение ПДК по ртути в 8,5 раза и небольшое – цинка. В кожуре картофеля отмечено превышение ПДК по мышьяку (до 58 ПДК), цинку (до 2,2 ПДК), кадмию (1,6 ПДК), свинцу (до 6,6 ПДК). В картофеле с кожурой превышен уровень ПДК по мышьяку и ртути. В пробе моркови установлено превышение ПДК по меди (более 6 ПДК), цинку (более 2,5 ПДК), мышьяку (1,5 ПДК) кадмию (2,3 ПДК) и свинцу (12 ПДК). Показано, что использование травянистой растительности с участков ПП-3, 4, 6 в качестве корма для домашних животных может быть опасно из-за высокого содержания цинка, мышьяка, ртути и свинца.

Ключевые слова: тяжелые металлы, мышьяк, овощи, грибы, иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), тимьян даурский (*Thymus dahuricus* Serg.), укосы травянистой растительности

Для цитирования: Солодухина М.А., Михеев И.Е., Банщикова Е.А., Желибо Т.В. Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих растениях и растениеводческой продукции Балецкого рудного поля (Забайкальский край) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 95–104. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_95–104.

AGRICULTURAL CHEMISTRY (BIOLOGICAL SCIENCES)

Original article

Heavy metals and arsenic in wild plants and plant products of the Baleyky ore field (Zabaykalsky Krai)

Maria A. Solodukhina¹, Igor E. Mikheev², Ekaterina A. Banshchikova³, Tatiana V. Zhelibo^{4✉}

^{1, 2, 3, 4}Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia

⁴zhelibo@mail.ru✉

Abstract. Mining leads to the intensification of migration of chemical elements into the environment. Over large areas in residential landscapes, all landscape components are contaminated with chemical elements of hazard classes I and II. In the summer of 2020 the staff of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences conducted a route survey of the territory of the natural and technogenic geochemical anomaly of the Baleyky ore field. They assessed the status of terrestrial ecosystems and possible sources of anthropogenic impact. They have also collected and analyzed the samples of wild plants and crop products (vegetables). It has been established that plants and vegetables that are consumed by the local population cannot be considered safe. In the leaves of *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. the concentration of all chemical elements, except for mercury, exceeded the normal values. In the leaves of *Thymus dahuricus* Serg. there was also a significant excess of all investigated chemical elements, except for mercury.

A similar situation was with mushrooms, except for mercury and lead. In the city of Baley, in general, no vegetable samples fully complied with the regulatory documents. In the tubers of peeled potatoes the MPC for mercury was exceeded by 8.5 times and a small excess amount of zinc was found. In the potato peel the MPC was exceeded for arsenic (up to 58 MPC), zinc (up to 2.2 MPC), cadmium (1.6 MPC), and lead (up to 6.6 MPC). In potatoes with peel the level of MPC for arsenic and mercury was exceeded. In carrot samples the MPC was exceeded for copper (more than 6 MPC), zinc (more than 2.5 MPC), arsenic (1.5 MPC), cadmium (2.3 MPC), and lead (12 MPC). The use of herbaceous plants from plots PP-3, 4, and 6 as food for domestic animals can be dangerous due to the high content of zinc, arsenic, mercury, and lead.

Key words: heavy metals, arsenic, vegetables, mushrooms, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Thymus dahuricus* Serg., grassland cutting

For citation: Solodukhina M.A., Mikheev I.E., Bانشchikova E.A., Zhelibo T.V. Heavy metals and arsenic in wild plants and plant products of the Baley sky ore field (Zabaykalsky Krai). *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):95-104. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_95-104.

Введение
Забайкальский край является биогеохимической провинцией, характеризующейся как дефицитом, так и избытком многих макро- и микроэлементов в почве, воде и растительности, что обусловлено геологическими и природно-климатическими особенностями [10]. Балеysкое рудное поле – природная геохимическая аномалия, сложное сочетание природно-антропогенных и селитебных ландшафтов. Здесь расположено с. Балеys с общей численностью населения 11 370 человек. На территории рудного поля расположены месторождения малоглубинной золотосеребряной формации, разработки которых начались еще в 1920 г. [21].

Геохимическая специализация рудного поля представлена следующим рядом зональности рудогенных элементов: Ag – As – Sb – Pb – Cu – Hg [2, 19]. По данным [6], в результате разработки месторождений Балеysкого рудного поля масса накопленных в хвостохранилищах горных пород составила: Балеysкая ЗИФ-1 – 10 000 тыс. т, Тасевская ЗИФ-2 – 23833,7 тыс. т.; площадь хвостохранилищ – соответственно 54 и 46 га [6]. Хвостохранилища расположены на территории городского поселения Балеys.

Исследования, проведенные в 2005 г. специалистами Государственного унитарного предприятия Читагеомониторинг, выявили на 90% территории района загрязнение компонентов окружающей среды свинцом, ртутью, серебром, мышьяком, цинком, никелем, медью, хромом, висмутом, барием, ванадием, марганцем. Техногенное загрязнение района исследования обусловлено производственно-хозяйственной деятельностью человека (добыча ископаемых, теплоэнергетика, транспорт), но во многом предопределено природно-климатическими особенностями. По данным [7], доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в селитебной зоне в Балеysком районе в 2019 г. составила 46,9%.

Согласно выводам, представленным в материалах Государственного доклада о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Забайкальском крае, в 2016 г. [7] наиболее высокий удельный вес продукции, не соответствующей гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, выявлен в 7 районах Забайкальского края, в том числе в Балеysком – 9,1%.

Растениеводческая продукция, выращенная на приусадебных участках в условиях устойчивого загрязнения, используется местным населением преимущественно для собственного потребления. Для выявления уровня загрязнения растениеводческой продукции и дикорастущих растений, которые используются на корм домашним животным, в июне 2020 г. сотрудниками ИПРЭК СО РАН было проведено маршрутное обследование территории природно-техногенной геохимической аномалии Балеysкое рудное поле. Выполнено описание растительности, выявлены охраняемые виды растений и их состояние. Оценено состояние наземных экосистем, возможные источники и визуальные признаки нарушения растительных сообществ, связанные с антропогенной

нагрузкой, отобраны и проанализированы образцы дикорастущих растений и растениеводческой продукции (овощи).

Материалы и методы

Все этапы работ выполнены в соответствии с классическими методиками исследований [1, 5, 11, 12, 14, 15–18].

В ходе маршрутно-рекогносцировочного обследования всего было заложено 8 пробных площадей по 2500 м² для лесных сообществ и по 100 м² – для степных и антропогенно-нарушенных участков, границы которых были закреплены на местности при помощи системы спутниковой навигации (ошибка измерения GPS-приемника составляла ±5 м).

Выполнена фотофиксация пробных площадей (ПП), на лесных ПП – поярусное описание растительности древостоя, подроста, подлеска, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового покрова.

Список растений приведен по сводке С.К. Черепанова (1995) с учетом изменений, принятых в 1–14 томах издания «Флора Сибири» [15–16].

На мониторинговых площадках проводилось уточнение параметров естественного состояния растительного мира, зональных особенностей; оценивалось наличие и состояние редких видов растений, выявлялись участки нарушенной и/или деградированной растительности, гарей, восстанавливающихся растительных сообществ, при этом учитывалось антропогенное воздействие и определялась стадия рекреационной дигрессии.

Для химического анализа отбирались пробы растительности (укосы), хвои и листьев с деревьев, произрастающих на пробных площадях. Отбор проб растений для химического анализа проводился по классическим методикам [5, 8].

Анализ растений и продуктов питания проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США) в Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН. Во избежание подвижности летучих элементов пробы растений не озоляли, а непосредственно переводили в раствор. Для этого навеску пробы 0,1–0,25 г обрабатывали 5 см³ концентрированной азотной кислоты и 2,5 см³ перекиси водорода. Через 2 часа на плите, при медленном нагревании, раствор упаривали до влажных солей. Осадок обрабатывали несколькими каплями концентрированной азотной кислоты и перекисью водорода и снова упаривали на плите. Обработку повторяли до полного разложения пробы. Осадок растворяли разбавленной азотной кислотой, доводили до 50 см³ в полипропиленовых пробирках. Полученный раствор измеряли на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Предложенный метод пробоподготовки и анализа содержания мышьяка и других летучих химических элементов в растениях зарекомендовал себя как наиболее точный, так как отличается отсутствием потерь, неизбежно имеющих место при обычном способе озоления растений [20].

Описание флористического состава растительности на постоянных мониторинговых пробных площадях содержит:

1) характеристику видового состава растительных сообществ (определялась по сводке С.К. Черепанова (1995) с учетом изменений, принятых в 1–14 томах издания «Флора Сибири»);

2) усредненные показатели проективного покрытия (по системе балльных оценок, по шкале Браун-Бланке);

3) степень участия отдельных видов в травостое (определялась методами учета их относительного обилия (табл. 1) для каждого из видов растений по шкале Друде).

Таблица 1. Вертикальная структура и флористический состав травяно-кустарничковой растительности на постоянных мониторинговых пробных площадях

№ п/п	№ пробной площади	Видовое название растения	Среднее проективное покрытие, балл	Обилие
Верхний травянистый ярус высотой > 50 см				
1	5	Анемонидиум вильчатый – <i>Anemonidium dichotomum</i> (L.) Holub	1	Sol
2	5	Бузульник сибирский – <i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass.	+	Un
3	1	Василисник вонючий – <i>Thalictrum foetidum</i> L.	2	Sp
4	2	Василистник ложнолепестковый – <i>Thalictrum petaloideum</i> L.	2	Sp
5	1	Вероника длиннолистная – <i>Veronica longifolia</i> L.	1	Sol
6	2	Вероника льнянколистная – <i>Veronica linariifolia</i> Pall. ex Link	1	Sol
7	2	Вероничник сибирский – <i>Veronicastrum sibiricum</i> (L.) Pennell	+	Un
8	2	Володушка длиннолучевая – <i>Bupleurum longiradiatum</i> Turcz.	+	Un
9	1, 4	Горошек лжесочевниковый – <i>Vicia pseudorobus</i> Fisch & C.A. Mey.	1	Sol
10	2, 3	Горошек однопарный – <i>Vicia unijuga</i> A. Braun	1	Sol
11	5	Гравилат алеппский – <i>Geum aleppicum</i> Jacq.	+	Un
12	6, 8	Донник ароматный – <i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb.	1	Sol
13	2	Зопник клубневой – <i>Phlomis tuberosa</i> L.	1	Sol
14	8	Кострец сибирский – <i>Bromopsis sibirica</i> (Drobov) Peschkova	1	Sol
15	7, 8	Крапива узколистная – <i>Urtica angustifolia</i> Fisch. ex Hornem.	2	Sp
16	1, 4, 2, 5	Кровохлебка лекарственная – <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	1	Un
17	1, 4	Лабазник дланевидный – <i>Filipendula palmata</i> (Pall.) Maxim.	1	Sol
18	1, 4	Недоспелка копьевидная – <i>Cacalia hastata</i> L.	1	Sol
19	3	Осот огородный – <i>Parasenecio hastatus</i> (L.) H. Koyama	+	Un
20	ФМ-1	Подмаренник настоящий – <i>Galium verum</i> L.	1	Sol
21	1, 2	Подмаренник цепкий – <i>Galium aparine</i> L.	1	Sol
22	3, 6, 8	Полынь замещающая – <i>Artemisia commutata</i> Besser	1	Sol
23	3, 6	Полынь пижмолистная – <i>Artemisia tanacetifolia</i> L.	1	Sol
24	3, 7, 8	Пырейник сибирский – <i>Elymus sibiricus</i> L.	1/2	Sol/Sp
25	1	Соссюрея вытянутая – <i>Saussurea elongata</i> DC.	1	Sol
26	3, 8	Соссюрея горькая – <i>Saussurea amara</i> (L.) DC.	1/+	Sol/Un
27	2	Соссюрея хорошенькая – <i>Saussurea pulchella</i> (Fisch.) Fisch. ex Colla	1	Sol
28	2	Таран растопыренный – <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai ex Mori	1	Sol
29	1	Чемерица черная – <i>Veratrum nigrum</i> L.	+	Un
30	8	Чистотел большой – <i>Chelidonium majus</i> L.	+	Un
31	5	Чихотник альпийский – <i>Ptarmica alpina</i> (L.) DC.	+	Un

АГРОНОМИЯ

Средний травянистый ярус высотой 25–50 см				
32	3	Володушка двустебельная – <i>Bupleurum bicaule</i> Helm	1	Sol
33	6	Вероника седая – <i>Veronica incana</i> L.	1	Sol
34	1, 2	Ветреница лесная – <i>Anemone sylvestris</i> L.	1	Sol
35	8	Герань даурская – <i>Geranium dahuricum</i> DC.	+	Un
36	4	Герань сибирская – <i>Geranium sibiricum</i> L.	+	Un
37	2	Дендрантема Завадского – <i>Dendranthemum zawadskii</i> (Herbisch) Tzvel.	1	Sol
38	5	Звездчатка двуцветная – <i>Stellaria discolor</i> Turcz.	1	Sol
39	2	Иксеридиум злаковидный – <i>Ixeridium graminea</i> (Fisch.) Tzvel.	1	Sol
40	2	Козелец австрийский – <i>Scorzonera austriaca</i> Willd.	+	Un
41	3	Козелец лучистый – <i>Scorzonera radiata</i> Fisch. ex Ledeb.	+	Un
42	2, 3, 6	Клевер люпиновый – <i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench	1	Sol
43	1	Купена душистая – <i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	+	Un
44	3, 6–8	Лапчатка полуголая – <i>Potentilla semiglabra</i> Juz.	1/+	Sol/Un
45	2, 3, 6, 8	Лапчатка рябинколистная – <i>Potentilla tanacetifolia</i> Willd. ex Schlecht.	1–3	Sol/Sp
46	2	Лук стареющий – <i>Allium senescens</i> L.	1	Sol
47	1, 4	Майник двулистный – <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	1	Sol
48	2, 3, 6	Мак голостебельный – <i>Papaver nudicaule</i> L.	+	Un
49	8	Марь сизая – <i>Chenopodium glaucum</i> L.	1	Sol
50	3	Мелилотоидес русский – <i>Melilotoides ruthenicus</i> (L.) Sojak	+	Un
51	2	Мята даурская – <i>Mentha dahurica</i> Benth.	+	Un
52	2, 6	Незабудочник седой – <i>Eritrichium incanum</i> A. DC.	+	Un
53	2	Одуванчик лекарственный – <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1	Sol
54	3, 8	Одуванчик роганосный – <i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC.	1	Sol
55	1–8	Осока стоповидная – <i>Carex pediformis</i> C.A. Mey.	1–3	Sol/Sp
56	3, 6	Остролодочник тысячелистный – <i>Oxytropis myriophylla</i> (Pall.) DC.	+/1	Un/Sol
57	2	Очиток живучий – <i>Sedum aizoon</i> L.	+	Un
58	5, 7, 8	Подорожник прижатый – <i>Plantago depressa</i> Schlecht.	1	Sol
59	5	Полынь болотная – <i>Artemisia palustris</i> L.	1	Sol
60	3	Полынь укрополистная – <i>Artemisia anethifolia</i> Weber ex Stechm.	1	Sol
61	6, 8	Полынь холодная – <i>Artemisia frigida</i> Willd.	1	Sol
62	2	Пепельник цельнолистный – <i>Terhrosaris integrifolia</i> L. Holub	1	Sol
63	2, 3, 6	Прострел многонадрезный – <i>Pulsatilla multifida</i> (Pritz.) Juz.	1	Sol
64	2	Стеллера карликовая – <i>Stellera chamaejasme</i> L.	1	Sol
65	3, 8	Тонконог гребенчатый – <i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	1	Sol
66	1, 4	Хвощ лесной – <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	1	Sol
67	5	Хвощ полевой – <i>Equisetum arvense</i> L.	1	Sol
68	6, 8	Чина приземистая – <i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.	1	Sol

Нижний травянистый ярус высотой 5–25 см				
69	2	Астра альпийская – <i>Aster alpinus</i> L.	1	Sol
70	6	Горноколосник колючий – <i>Orostachys spinosa</i> (L.) C.A. Mey.	1	Sol
71	1, 4	Грушанка копытенелистная – <i>Pyrola asarifolia</i> Michaux	2	Sp
72	2	Земляника восточная – <i>Fragaria orientalis</i> Losinsk.	1	Sol
73	4	Костяника хмелелистная – <i>Rubus humulifolius</i> C.A. Mey.	2	Sp
74	3	Осока твердоватая – <i>Carex duriuscula</i> C.A. Mey.	+	Un
75	3	Проломник нитевидный – <i>Androsace filiformis</i> Retz.	1	Sol
76	2	Сокольника даурская – <i>Dasystephana dahurica</i> (Fish.) Zuev	+	Un
77	1, 4	Седмичник европейский – <i>Trientalis europaea</i> L.	1	Sol
78	6	Тимьян даурский – <i>Thymus dahuricus</i> Serg.	2	Sp
79	1	Фиалка сахалинская – <i>Viola sacchalinesis</i> H. Boissieu	+	Un

Результаты и их обсуждение

В таблице 2 представлены результаты изучения содержания химических элементов в продуктах питания и растениях, которые употребляются местным населением в пищу.

Таблица 2. Содержание химических элементов в листьях *Chamaenerion angustifolium*, *Thymus dahuricus*, а также грибах и овощах, мг/кг

Шифр пробы/ место отбора проб	Биообъект	Химический элемент/ПДК					
		Cu/5	Zn/10	As/0,2/1,0*	Cd/0,03	Hg/0,02/0,1*	Pb/0,5
Б-20, Бaley	<i>Chamaenerion angustifolium</i> зеленый	5,09	10,59	0,25	0,01	0,05	0,44
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> черный	3,19	11,71	0,88	0,01	0,06	0,42
Б-20, Бaley, Ториевый карьер	<i>Chamaenerion angustifolium</i> , листья	21,67	23,93	2,35	0,05	0,04	2,36
	<i>Thymus dahuricus</i>	7,64	32,99	2,41	0,07	0,03	0,93
	Грибы (маслята)	9,95	63,88	3,33	1,46	0,001	0,3
Б-20, Бaley, ПП-2	<i>Chamaenerion angustifolium</i> , листья	4,75	17,48	0,64	0,04	0,03	0,14
Б-20, Бaley	Морковь с кожурой	32,49	25,57	0,37	0,07	0,02	6,01
	Кожура картофеля	2,85	12,45	0,96	0,01	0,01	0,51
	Картофель с кожурой	2,21	9,22	0,47	0,01	0,03	0,18
	Картофель очищенный	2,57	9,24	0,02	0,01	0,01	0,53
	Картофель с кожурой (ул. Шилкинская, 33а)	1,25	9,77	1,52	0,01	0,05	0,36
	Картофель очищенный ул. Шилкинская 33а	1,65	8,41	0,10	0,01	0,17	<0,001
	Кожура картофеля (ул. Шилкинская, 33а)	3,95	22,61	11,67	0,05	0,04	3,31
Б-20 с. Ундино	Картофель с кожурой	1,33	12,82	0,16	0,02	0,11	0,22
	Картофель очищенный	0,17	7,23	0,06	0,02	0,02	0,05
	Кожура картофеля	10,07	20,37	0,44	0,06	0,002	1,62

Примечание: выделены значения, превышающие ПДК, согласно [13] и [3];

* – ПДК для чая [13].

В пробе *Chamaenerion angustifolium* зеленого установлено незначительное превышение ПДК по меди и цинку, в пробе *Chamaenerion angustifolium* черного – превышение ПДК только по цинку.

В листьях *Chamaenerion angustifolium*, отобранных на территории Ториевого карьера установлено превышение ПДК по всем исследуемым элементам, кроме ртути; в аналогичных образцах с участка ПП-2 – превышение содержания только цинка 1,7 ПДК; в листьях *Thymus dahuricus* – существенное превышение по всем химическим элементам, кроме ртути; аналогично и в грибах – за исключением ртути и свинца.

Овощи г. Балей. В целом из всех проб в выборке нет ни одной, полностью соответствующей нормативным документам. В клубнях очищенного от кожуры картофеля установлено превышение ПДК по ртути в 8,5 раза и небольшое – по цинку; в кожуре картофеля отмечено превышение ПДК по мышьяку (до 58 ПДК), цинку (до 2,2 ПДК), кадмию (1,6 ПДК), свинцу (до 6,6 ПДК); в картофеле с кожурой превышен уровень ПДК по мышьяку и ртути.

В пробе моркови установлено превышение ПДК по меди (более 6 ПДК), цинку (более 2,5 ПДК), мышьяку (1,5 ПДК), кадмию (2,3 ПДК) и свинцу (12 ПДК).

Данные по с. Ундино приведены для сравнения. В пробах картофеля обнаружены все исследованные химические элементы в тех или иных концентрациях; в картофеле без кожуры их содержание находилось в пределах нормы; в кожуре отмечено превышение по всем элементам, кроме ртути; в картофеле целиком – превышение ПДК по ртути и цинку.

Дикорастущие растения. Широкое распространение мышьяка в растительных образцах говорит о наличии вторичного ореола рассеяния и интенсификации миграции, связанной с антропогенным воздействием (табл. 3).

Таблица 3. Содержание химических элементов в биообъектах, мг/кг

Участок отбора проб	Биообъект	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Б-20/ПП-1	Листья березы	7,93	61,63	0,41	0,08	0,03	0,56
Б-20/ПП-1	Укос	6,27	21,26	0,14	0,04	0,03	0,24
Б-20/ПП-2	Листья березы	3,24	55,79	<0,001	0,06	0,01	0,03
Б-20/ПП-2	Укос	4,65	22,38	0,26	0,03	0,001	0,33
Б-20/ПП-3	Листья деревьев	4,90	110,99	0,08	0,26	0,07	0,08
Б-20/ПП-3	Укос	7,04	21,18	0,30	0,14	0,02	0,82
Б-20/ПП-3	Хвоя сосны	2,30	32,25	0,35	0,04	0,01	0,23
Б-20/ПП-4	Листья березы	17,58	73,96	0,23	0,05	0,01	4,16
Б-20/ПП-4	Укос	8,22	25,54	0,31	0,05	0,01	5,51
Б-20/ПП-5	Листья березы	4,76	120,97	0,09	0,03	0,01	0,09
Б-20/ПП-6	Хвоя сосны	1,31	19,90	0,31	0,03	0,002	0,41
Б-20/ПП-6	Листья деревьев	4,55	77,37	0,12	0,15	0,04	0,08
Б-20/ПП-6	Укос	6,08	19,85	0,74	0,04	0,04	2,68
Б-20/ПП-7	Листья березы	5,21	144,26	0,13	0,16	0,03	0,12
Б-20/ПП-7	Укос	3,85	25,27	0,42	0,02	0,02	0,44
Б-20/ПП-8	Листья тополя	6,49	143,22	0,39	0,48	0,01	0,16
Б-20/ПП-8	Полынь	7,92	50,52	0,71	0,13	0,02	0,75
Б-20/ПП-8	Укос	7,76	33,77	0,36	0,03	0,01	0,29
Кларк растительности по [9]		до 10	до 350	0,2	до 0,66	до 0,1	до 8
Временный максимально допустимый уровень по [4]		30	50	0,5	0,3	0,05	0,5

Примечание: выделено содержание, превышающее норму: для деревьев – кларк, для укосов – по [4].

Высокое содержание цинка, мышьяка и свинца в растениях полностью отражает геохимическую специализацию района исследования.

Учитывая высокое содержание отдельных химических элементов (мышьяк и медь) на участках отбора проб ПП-1 и ПП-4, эти точки следует считать условно фоновыми для биогеохимических исследований.

Содержание ртути в дикорастущих растениях не превышает мировое фоновое.

Использование травянистой растительности с участков ПП-3, 4, 6 в качестве корма для домашних животных может быть опасно из-за высокого содержания цинка, мышьяка, ртути и свинца.

Выводы

Выявленный химический состав овощей и дикорастущих растений отражает геохимическую специализацию рудного района.

Особую обеспокоенность вызывает высокое содержание меди, цинка, мышьяка, кадмия, ртути и свинца в продуктах питания (овожах, *Chamaenerion angustifolium*, *Thymus dahuricus*, грибах).

Продукция растениеводства (овощи) не может считаться безопасной, так как более 50% проб не соответствуют требованиям нормативных документов по содержанию изученных химических элементов.

Результаты исследования свидетельствуют о необходимости контроля за содержанием ксенобиотиков в растениеводческой продукции.

После детального изучения этой проблемы необходимо разработать программу для минимизации воздействия опасных веществ на здоровье местного населения.

Список источников

1. Алехин В.В., Сырейчиков Д.П. Методика полевых ботанических исследований. Вологда: Северный печатник, 1926. 69 с.
2. Балеysкое рудное поле (геология, минералогия, вопросы генезиса). Москва, 1984. 271 с.
3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов; ред. В.А. Филова. В 2-х т.: справочник. Ленинград: Химия, 1988. 512 с.
4. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (утв. Главным управлением ветеринарии Государственного агропромышленного комитета СССР 7 августа 1987 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/> (дата обращения: 25.01.2021).
5. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 9 с.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Читинской области за 1997 г. и некоторые итоги охраны природы за 1988–1997 гг. Чита: Госкомэкологии, 1998. 216 с.
7. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Забайкальском крае в 2016 году. Чита: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Забайкальскому краю, 2020. 219 с.
8. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М-во геологии СССР. Москва: Недра, 1983. 191 с.
9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в растениях; пер. с англ. Москва: Мир, 1989. 439 с.
10. Михайлова Л.А., Солодухина М.А. Природные и антропогенные геохимические аномалии Забайкальского края // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 310.
11. Методика оценки последствий крупных лесных пожаров. Москва: ВНИИ ГОЧС, 1996. 13 с.
12. Методология исследований лесных экосистем: методическое пособие / Сост. Е.Н. Пилипко. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2013. 103 с.

13. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011, утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 [Электронный ресурс]. URL: <https://cndt.ru/> (дата обращения: 25.01.2021).
14. Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Забайкальского края (с изменениями на 28 августа 2018 года): Постановление Правительства Забайкальского края от 16 февраля 2010 г. № 52 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cndt.ru/document/550189017> (дата обращения: 12.01.2022).
15. Флора Сибири: в 14 т.; под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение РАН, 1988–2003.
16. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург: Мир и семья, 1995. 990 с.
17. Чураков Б.П., Чураков Д.Б. Фитопатология: учебник. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 424 с.
18. Шамрай С.Н., Глущенко В.И. Основы полевых исследований в фитопатологии и фитоиммунологии: учебно-методическое пособие. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2006. 64 с.
19. Юргенсон Г.А., Грабеклис Р.В. Балейское рудное поле // Месторождения Забайкалья. Чита – Москва, 1995. Т. 1, Кн. 2. С. 19–32.
20. Юргенсон Г.А., Гудкова О.В., Солодухина М.А., Филенко Р.А., Смирнов А.А. К методологии комплексного исследования геотехногенных ландшафтов исторических горнорудных районов // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2007. № 1. С. 66.
21. Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: учебное пособие. Ч. 1. Кн. 3. Благородные металлы. Чита: Поиск, 2008. 256 с.

References

1. Alekhin V.V., Syreishchikov D.P. Metodika polevykh botanicheskikh issledovaniy [Methodology of field botanical research]. Vologda: Severnyy Pechatnik; 1926. 69 p. (In Russ.).
2. Balejskoe rudnoe pole (geologiya, mineralogiya, voprosy genezisa) [Baleyskoye ore field (geology, mineralogy, genesis issues)]. Moscow; 1984. 271 p. (In Russ.).
3. Vrednye khimicheskie veshchestva. Neorganicheskie soedineniya elementov. Spravochnik [Harmful chemicals. Inorganic compounds of elements. Guide Book]. Under the editorship of V.A. Filov (in 2 vols.) Leningrad: Khimiya; 1988. 512 p. (In Russ.).
4. Vremennyy maksimal'no dopustimyy uroven' (MDU) nekotorykh khimicheskikh elementov i gossipola v kormakh dlya sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh i kormovykh dobavkakh (utv. Glavnym upravleniem veterinarii Gosudarstvennogo agropromyshlennogo komiteta SSSR 7 avgusta 1987 g.) [Temporary maximum residues level (MRL) of some chemical elements and gossypol in feeds for farm animals and feed additives (approved by the Main Veterinary Administration of the State Agro-Industrial Committee of the USSR on August 7, 1987)]. URL: <https://files.stroyinf.ru/> (In Russ.).
5. GOST 27262-87. Korma rastitel'nogo proiskhozhdeniya. Metody otbora prob [Vegetable feeds. Sampling methods]. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 2002. 9 p. (In Russ.).
6. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii okruzhayushchej prirodnoj sredy v Chitinskoj oblasti za 1997 g. i nekotorye itogi okhrany prirody za 1988-1997 gg. [State Report on the Status of the Environment in Chita Oblast for 1997 and Some Results of Nature Protection for 1988-1997]. Chita: Goskomekologii; 1998. 216 p. (In Russ.).
7. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Zabajkal'skom krae v 2016 godu / Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'j i blagopoluchiya cheloveka po Zabajkal'skomu kraju [State Report on the Status of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in Zabaikalsky Krai in 2016 / Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in Zabaikalsky Krai]. Chita; 2020. 219 p. (In Russ.).
8. Instruksiya po geokhimicheskim metodam poiskov rudnykh mestorozhdenij. M-vo geologii SSSR [Instruction on geochemical methods of ore deposit exploration. USSR Ministry of Geology]. Moscow: Nedra; 1983. 191 p. (In Russ.).
9. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v rasteniyakh: per. s ang. [Micronutrients in Plants: translated from English]. Moscow: Mir; 1989. 439 p. (In Russ.).
10. Mikhaylova L.A., Solodukhina M.A. Prirodnye i antropogennye geokhimicheskie anomalii Zabajkal'skogo kraja [Geochemical environment and public health in the Zabaykalye region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*. 2016;(5):310. (In Russ.).
11. Metodika otsenki posledstvij krupnykh lesnykh pozharov [Methodology for Assessing the Consequences of Large Forest Fires]. Moscow: VNII of Civil Defense and Emergencies; 1996. 13 p. (In Russ.).
12. Metodologiya issledovaniy lesnykh ekosistem: metodicheskoe posobie ; Sost. E.N. Pilipko [Methodology of research of forest ecosystems: Instructional Guide. Contributing editor E.N. Pilipko]. Vologda-Molochnoe: Information Centre of Vologda State Dairy Farming Academy; 2013. 103 p. (In Russ.).
13. О безопасности пищевых продуктов: Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 [On the safety of food products. Technical Regulation of the Customs Union TR CU 021/2011]. URL: <https://cndt.ru/> (In Russ.).

14. Ob utverzhdenii Perechnya ob"ektov rastitel'nogo mira, zanesennykh v Krasnuyu knigu Zabajkal'skogo kraya (s izmeneniyami na 28 avgusta 2018 goda): Postanovlenie Pravitel'stva Zabajkal'skogo kraya [On approval of the List of flora objects included in the Red Book of Zabaikalsky Krai (as amended on August 28, 2018): Decree of the Government of Zabaikalsky Krai]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550189017>.
15. Flora Sibiri v 14 t.; pod red. L.I. Malysheva, G.A. Peshkovoy [Flora of Siberia in 14 vols.; edited by L.I. Malyshev, G.A. Peshkova]. Novosibirsk: Nauka. Siberian Head Office of RAS; 1988-2003.
16. Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. Saint Petersburg: Mir i Sem'ya; 1995. 990 p. (In Russ.).
17. Churakov B.P., Churakov D.B. Fitopatologiya: uchebnik [Phytopathology: Textbook]. Moscow: Moscow State Forestry University Press; 2007. 424 p. (In Russ.).
18. Shamray S.N., Glushchenko V.I. Osnovy polevykh issledovaniy v fitopatologii i fitoimmunologii: uchebno-metodicheskoe posobie [Fundamentals of Field Research in Phytopathology and Phytoimmunology: Study Guide]. Kharkiv: Kharkiv National University named after V.N. Karazin; 2006. 64 p. (In Russ.).
19. Yurgenson G.A., Grabeklis R.V. Baleyskoe rudnoe pole. In Mestorozhdeniya Zabajkal'ya [Baleyskoye ore field in the book Deposits of Transbaikal]. Chita – Moscow; 1995; Vol. I, Book 2:19-32. (In Russ.).
20. Yurgenson G.A., Gudkova O.V., Solodukhina M.A., Filenko R.A., Smirnov A.A. K metodologii kompleksnogo issledovaniya geotekhnogennykh landshaftov istoricheskikh gornorudnykh rajonov [Toward a methodology for a comprehensive study of geotechnogenic landscapes of historical mining areas]. Prirodnye resursy Zabajkal'ya i problemy geosfernykh issledovaniy: materialy nauchnoj konferentsii, posvyashchennoj 25-letiyu Instituta prirodnnykh resursov, ekologii i kriologii SO RAN i pamyati chlena-korrespondenta AN SSSR Fedora Petrovicha Krendeleva (Chita, 12-15 iyunya 2006 g.) [Natural Resources of Transbaikal and problems of Geospheric Research: Proceedings of Scientific Conference dedicated to the 25th anniversary of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS and the memory of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences Fyodor Petrovich Krendelev (Chita, June 12-15, 2006)]. Chita: Transbaikal State Humanitarian and Pedagogical University Press; 2006:287-290. (In Russ.).
21. Yurgenson G.A. Mineral'noe syr'e Zabajkal'ya: uchebnoe posobie. Chast' I. Kniga 3. Blagorodnye metally [Mineral raw materials of Transbaikal: Study Guide. Part I. Book 3. Noble metals]. Chita: Poisk; 2008. 256 p. (In Russ.).

Информация об авторах

М.А. Солодухина – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», mabn@ya.ru.

И.Е. Михеев – кандидат географических наук, директор ФГБУН «Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», miheevi@mail.ru.

Е.А. Банщикова – младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования ФГБУН «Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», kait1986@mail.ru.

Т.В. Желибо – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования ФГБУН «Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», zhelibo@mail.ru.

Information about the authors

M.A. Solodukhina, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, mabn@ya.ru.

I.E. Mikheev, Candidate of Geographical Sciences, Director, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, miheevi@mail.ru.

E.A. Banshchikova, Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, kait1986@mail.ru.

T.V. Zhelibo, Postgraduate Student, Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, zhelibo@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.03.2022; одобрена после рецензирования 05.05.2022; принята к публикации 27.05.2022.

The article was submitted 25.03.2022; approved after revision 05.05.2022; accepted for publication 27.05.2022.

© Солодухина М.А., Михеев И.Е., Банщикова Е.А., Желибо Т.В., 2022