

Михайлова Л.А.¹, Солодухина М.А.², Алексеева О.Г.³, Бурлака Н.М.³, Лапа С.Э.^{1,3}

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

¹ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава РФ, 672090, г. Чита;

²ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» СО РАН, 672014, г. Чита;

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Забайкальскому краю, 672000, г. Чита

Введение. Интенсивное освоение и переработка минерального сырья на территории Забайкальского края привели к накоплению большого количества производственных отходов горнорудной промышленности, в которых отмечается высокое содержание химических элементов различного класса опасности. В настоящее время на территории региона находится 33 хвостохранилища, в которых накоплено около 3 млрд т различного техногенного материала. Целью исследования являлась гигиеническая оценка загрязнения почвы в населённых пунктах, расположенных вблизи хвостохранилищ.

Материал и методы. Использован метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии при определении тяжёлых металлов. Представлены результаты исследований 444 проб на валовое содержание свинца, цинка, меди, ртути, мышьяка, кадмия в почве горнорудных поселений Хапчеранга, Шерловая Гора, Кадая, Вершино-Дарасунский, Вершино-Шахтаминский за 2012–2015 гг.

Результаты. За исследуемый период суммарный показатель загрязнения почвы Zc, рассчитанный по медианным концентрациям, находился в с. Хапчеранга в пределах от 4,7 до 6,9, в пгт Вершино-Шахтаминский – от 6,7 до 8,8, что соответствует «допустимому» уровню загрязнения. Расчет Zc по максимальным концентрациям выявил, что почва относится к категории от «умеренно опасной» до «чрезвычайно опасной», данный критерий составил в с. Хапчеранга 48,7–235,3, пгт. Вершино-Шахтаминский 23,76–164,8.

Обсуждение. Установлено, что в большинстве населённых пунктов наблюдается допустимая степень загрязнения почвы, исключение составляют с. Хапчеранга и пгт. Вершино-Шахтаминский. Результаты оценки свидетельствуют о повышении на всей территории поселений содержания свинца, кадмия и мышьяка, причём более высокие уровни накопления токсикантов регистрируются на участках, находящихся вблизи хвостохранилищ.

Заключение. Таким образом, в Забайкальском крае сформировалось несколько зон природно-антропогенного загрязнения с повышенными концентрациями тяжёлых металлов и мышьяка, что обуславливает необходимость изучения влияния геохимических аномалий на состояние здоровья населения.

Ключевые слова: гигиеническая оценка; тяжёлые металлы; горнорудная промышленность; химическое загрязнение почв.

Для цитирования: Михайлова Л.А., Солодухина М.А., Алексеева О.Г., Бурлака Н.М., Лапа С.Э. Гигиеническая оценка содержания химических веществ в почве горнопромышленных районов Забайкальского края. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(4): 400-410. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-4-400-410>

Для корреспонденции: Михайлова Лариса Альфредовна, кандидат мед. наук, зав. каф. гигиены ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава РФ, 672090, г. Чита. E-mail: mikhailova-la@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 16.03.2018

Принята к печати 06.02.2019

Опубликована 05.2019

Mikhailova L.A.¹, Solodukhina M.A.², Alekseeva O.G.³, Burlaka N.M.³, Lapa S.E.^{1,3}

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE CONTENT OF CHEMICALS IN THE SOIL OF MINING AREAS OF THE TRANS-BAIKAL REGION

¹Chita State Medical Academy, Chita, 672090, Russian Federation;

²Institute of Natural Resources, Ecology, and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, 672014, Russian Federation;

³Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Chita, 672000, Russian Federation

Introduction. Intensive exploration and processing of mineral raw materials in the Trans-Baikal territory has caused the accumulation of considerable amount of industrial mining waste with high content of chemical elements of different classes of hazard. Currently 33 tailings storage facilities (TSF) accumulating approximately 3 milliard tons of different industrial waste are located in the territory of the region.

The aim of the research is the hygienic assessment of soil contamination in the residential areas adjacent to TSFs.

Material and methods. Atomic absorption spectrophotometry method was used for the determination of heavy metals. The study presents the results of analyses of 444 samples of gross content of lead, zinc, copper, mercury, arsenic, and cadmium in the soil of Khapcheranga, Sherlovaya Gora, Kadaya, Vershino-Darasunsky, and Vershino-Shakhtaminsky mining villages throughout the duration of 2012 - 2015.

Results. During the period of the study the total value of soil contamination with Zc calculated by the median concentrations in Khapcheranga Village amounted to 4.7 6.9, in Vershino-Shakhtaminsky - to 6.7 8.8, which corresponds to the «allowable» level of the contamination. Zc calculation by maximum concentrations has shown the soil to be referred to the category from “moderately dangerous” to “extremely dangerous”; this value in Khapcheranga Village amounted to 48.7 - 235.3, in Vershino-Shakhtaminsky Village - to 23.76 - 164.8.

Discussion. In the residential areas the allowable degree of soil contamination was determined to be predominantly observed; Khapcheranga and Vershino-Shakhtaminsky villages are the exceptions. The results of the assessment give the evidence of the increased lead, cadmium and arsenic content throughout the entire area of the villages, while the highest levels of accumulated toxic substances are registered in the areas located near the TSF

Conclusion. Thus, several zones of natural and anthropogenous contamination with increased concentrations of heavy metals and arsenic have been formed in the Trans-Baikal Territory. This dictates the need to study the influence of geochemical anomalies on the health of population.

Key words: hygienic assessment; heavy metals; mining industry; chemical contamination of soils.

For citation: Mikhailova L.A., Solodukhina M.A., Alekseeva O.G., Burlaka N.M., Lapa S.E. Hygienic assessment of the content of chemicals in the soil of mining areas of the Trans-Baikal region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(4): 400-410. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-4-400-410>

For correspondence: Larisa A. Mikhailova, MD, Ph.D., Head of the Department of Hygiene of the Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chita, 672090, Russian Federation. E-mail: mikhailova-la@mail.ru

Information about authors: Mikhailova L.A., <http://orcid.org/0000-0001-7470-990X>;
Solodukhina M. A., <http://orcid.org/0000-0001-6262-5936>; Alekseyeva O. G., <http://orcid.org/0000-0001-8650-7838>;
Burlaka N. M., <http://orcid.org/0000-0001-8242-2757>; Lapa S. E., <http://orcid.org/0000-0001-5375-6408>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: 06 March 2018

Accepted: 06 February 2019

Published: May 2019

Введение

Забайкальский край – один из крупных административных субъектов Российской Федерации представляет собой уникальный природный и экономический регион, имеющий ряд особенностей, связанных с географическим положением в центре Евразии, сложной и длительной геологической историей, что определяет широчайшее разнообразие природно-ландшафтных комплексов, богатейших рудоносных провинций и неисчислимых природных ресурсов. Восточное Забайкалье наряду с Уралом и Алтаем является исторической горнорудной провинцией страны, где на протяжении более чем трехсот лет ведётся добыча различного минерального сырья. На сегодняшний день по количеству разведанных запасов полезных ископаемых край занимает одно из первых мест в России, на его территории находятся более тысячи месторождений, из них более десяти исключительны по условиям залегания, геологическому строению, минеральному составу и запасам сырья (Удоканское, Чинейское, Катугинское, Бугдаинское, Стрельцовское, Балейско-Тасеевское и т. д.) [1].

Интенсивное освоение и переработка минерального сырья привели к накоплению большого количества производственных отходов горнорудной промышленности (отвалов вскрышных пород, забалансовых и некондиционных руд, хвостов обогащения), в которых отмечается высокое содержание тяжёлых металлов и других токсичных веществ. Это обусловлено тем, что характерной чертой сырьевой базы региона является комплексный поликомпонентный состав руд, а горнодобывающие предприятия были ориентированы на извлечение 1–2, редко 3–4 компонентов, при этом степень извлечения природных ресурсов из исходного сырья не превышала, как правило, 50%, а попутные вещества не извлекались, в результате в техногенных массивах содержание химических элементов оказалось выше нормативных значений в десятки раз. Не извлечённые в процессе обогащения компоненты вследствие резкого изменения физико-химической обстановки становятся подвижными и под воздействием водной и ветровой эрозии оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Вследствие этого на территории края сформировались системы антропогенных ландшафтов, характеризующихся новообразованными

геохимическими аномалиями токсичных элементов. Так, за многие десятилетия накоплено около 3 млрд т различного техногенного материала (табл. 1) [2].

В 90-е годы прошлого столетия объём добываемых полезных ископаемых в регионе резко снизился в связи с падением спроса на продукцию и проведением экономических реформ, вследствие чего произошли сокращения или закрытия многих горнодобывающих предприятий. После остановки производства были прекращены необходимые природоохранные мероприятия по поддержанию хвостохранилищ в относительно безопасном состоянии, что значительно ухудшило экологическую ситуацию. В настоящее время в крае находится 33 хвостохранилища, многие объекты располагаются в непосредственной близости от населённых пунктов и, следовательно, оказывают прямое воздействие на качество атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв сельских территорий. Большой проблемой для Восточного Забайкалья представляется слабая способность объектов окружающей среды к самоочищению в связи с антициклональным типом циркуляции воздушных масс, в связи с чем регион на территории страны характеризуется одним из наиболее высоких потенциалов загрязнения среды обитания [3].

В настоящее время тяжёлые металлы являются признанными приоритетными загрязнителями среды обитания, причём наибольшую потенциальную опасность для здоровья представляют поллютанты, относящиеся к классу чрезвычайно опасных и опасных веществ (I и II класс опасности): свинец, кадмий, мышьяк, ртуть и т. п. Опасность этих элементов определяется тем, что они могут мигрировать по пищевым цепям, быстро изменять свою химическую форму при переходе из одной среды в другую, вмешиваться в метаболические циклы, накапливаться в организме человека и оказывать негативное влияние даже в незначительных концентрациях, приводя к развитию экологически обусловленных заболеваний. Диагностика такой патологии крайне затруднена, что объясняется локальностью возникновения, многофакторностью влияния на организм и многофакторностью ответных реакций, весьма длительным периодом проявлений, наличием синергизма при действии нескольких факторов и индивидуальными особенностями организма. В связи с этим проведение исследований по выявлению региональных

Таблица 1

Перечень техногенных скоплений горнорудных предприятий Забайкальского края

Объект экологического ущерба	Месторасположение объекта	Содержание полезных компонентов и приоритетных загрязнителей окружающей среды в отходах горного производства				Масса отходов горного производства, млн т
		отходы	компонент	количество, %	запасы, т	
Хвостохранилище рудника Хапчеранга	Кыринский р-н, с. Хапчеранга	Гравитационно-флотационного процесса обогащения оловянной руды	Sn	0,09	5058	6,2
			Pb	0,1–0,2	Н/д	
			Zn	0,2–1	Н/д	
			As	0,1	Н/д	
Хвостохранилище Шахтаминской обогатительной фабрики	Шелопугинский р-н, пгт. Вершино-Шахтаминский	Флотационного процесса переработки молибденовой руды	Mo	0,028	1085	4,5
			Pb	0,053	2398	
			Cu	0,033	1493	
			S	1,92	86 860	
			Ag	5,2	23,5	
			Au	0,2 г/т	0,9	
Шерловогорский горнообогатительный комбинат	Борзинский р-н, пгт. Шерловая Гора	Флотационного процесса обогащения оловополиметаллических руд	Sn	0,068	Н/д	24,3
			Pb	0,26	Н/д	
			Zn	0,52	Н/д	
			Ag	8,7 г/т	Н/д	
		Отвалы бедных руд	Sn	0,11–0,12	Н/д	10,2
			Pb	0,18–0,83	Н/д	
			Zn	0,15–0,31	Н/д	
			Ag	11,5–15,8 г/т	Н/д	
			As	0,06	Н/д	
			Cu	0,06	Н/д	
		Отвалы вскрышных пород	Sn	0,035	Н/д	191,7
			Pb	0,035–0,26	Н/д	
Хвостохранилище Кадаинской обогатительной фабрики	Калганский р-н, с. Кадая	Флотационного процесса переработки полиметаллических руд	Pb	0,346	7311	2,3
			Zn	1,092	23,1	
			Bi	0,000424	8,9	
			Cd	0,0042	89,7	
			Ag	15г/т	31,6	
			Au	0,189	0,4	
Хвостохранилище Благодатской обогатительной фабрики	Нерчинско-Заводский р-н, с. Горный Зерентуй	Флотационного процесса переработки полиметаллических руд	Pb	0,595	12 000	2,02
			Zn	1,19	23 000	
			Cd	0,008	173	
			Ag	18,63 г/т	37,5	
			Au	0,235 г/т	0,47	
Хвостохранилище Акатуевской фабрики	Александрово-Заводский р-н, с. Новый Акатуй	Флотационного процесса переработки полиметаллических руд	Pb	0,279	3704	1,4
			Zn	0,628	8346	
			Cd	0,005	71,9	
			Ag	19,2 г/т	25,5	
			Au	0,328 г/т	0,44	
Хвостохранилище рудника Кличка	Приаргунский р-н, с. Кличка	Флотационного процесса переработки полиметаллических руд	Pb	0,12	Н/д	4,4
			Zn	0,493	Н/д	
			Cd	0,003	Н/д	
			Ag	7,5 г/т	Н/д	
			Au	0,054 г/т	Н/д	
Забайкальский горнообогатительный комбинат	Шилкинский р-н, п. Первомайский	Флотационного процесса переработки руд редкометалльного месторождения	Li ₂ O	0,24	Н/д	47,9
			BeO	0,02	Н/д	
			Ta ₂ O ₅	0,002	Н/д	
			Sn	0,01%	Н/д	
Дарасунский рудник	Тунгокоченский р-н, п. Вершино-Дарасунский	Хвостохранилище ЗИФ	Zn	0,01	Н/д	6,45
			Cu	0,013	Н/д	
			Ag	1,18 г/т	Н/д	
			Au	0,36 г/т	Н/д	
			As	3,9%	Н/д	

Продолжение таблицы на стр. 403.

Продолжение таблицы 1

Объект экологического ущерба	Месторасположение объекта	Содержание полезных компонентов и приоритетных загрязнителей окружающей среды в отходах горного производства				Масса отходов горного производства, млн т	
		отходы	компонент	количество, %	запасы, т		
Жирекенский горнообогатительный комбинат	Чернышеский р-н, пгт. Жирекен	Флотационного процесса переработки молибденовых руд	Mo	0,028	Н/д	18,4	
			Cu	0,04	Н/д		
S	0,25		Н/д				
Ag	0,5 г/т		Н/д				
		Отвалы забалансовых и окисленных руд	Mo	0,049	Н/д	23,2	
Золотоизвлекательная фабрика «Балейзолото»	Балейский р-н, г. Балей	Хвостохранилище-1	Au	0,37 г/т	Н/д	52,9	
			Хвостохранилище-2	Au	1,2 г/т		Н/д
			Отвалы вскрышных пород	Au	0,34 г/т		Н/д
Новоорловский горнообогатительный комбинат	Агинский р-н, пгт. Ново-Орловский	Хвостохранилища	WO ₃	0,041	Н/д	13,7	
			Be	0,024–0,028	Н/д		
			Bi	0,002–0,006	Н/д		
			Ta	0,012–0,0036	Н/д		
			Nb	0,009–0,0115	Н/д		
		Li	0,09	Н/д			
		Отвалы вскрышных пород вольфрамового и редкометалльного месторождения	WO ₃	0,15	Н/д	225,6	
			Be	0,02	Н/д		
			Bi	0,006	Н/д		
Калангуйский плавиошпатовый комбинат	Оловянинский р-н, пгт. Калангуй; Забайкальский р-н п. Абагайтуй	Хвостохранилище	CaF ₂	10–11,2	Н/д	3,6	
			Отвалы вскрышных пород добычи флюоритовой руды	CaF ₂	6,3–6,8	Н/д	31,3
Разрез Харанорский	Борзинский р-н, пгт. Шерловая Гора	Отвалы вскрышных пород бурогоугольного месторождения				2,1 млрд т	
Приаргунское производственное горно-химическое объединение	г. Краснокаменск	Хвостохранилище месторождения Стрельцовского рудного поля	Mo	0,027	Н/д	63,7	
			Отвалы вскрышных пород	Mo	0,027		Н/д
		Отвалы вскрышных пород	Fe ₂ O ₃	60,1	Н/д	20,4	
			FeO	14,2	Н/д		
			Ag	29,45	Н/д		
			Au	3,25	Н/д		
			Pb	0,222	Н/д		
			Zn	0,617	Н/д		
As	0,137	Н/д					

Примечание. Н/д – нет данных.

проблем в здоровье населения, обусловленных химическим загрязнением среды обитания, является весьма актуальным, так как именно такие данные позволяют обосновать принятие приоритетных управленческих решений, планировать ресурсы здравоохранения и комплексные профилактические мероприятия, а также прогнозировать развитие демографической ситуации [4–6].

Цель исследования – проведение развёрнутого комплексного анализа химического загрязнения почвы в горнорудных поселениях, расположенных вблизи хвостохранилищ. В соответствии с поставленной целью были определены задачи: изучить накопление тяжёлых металлов и мышьяка в почвенном покрове с оценкой степени опасности; выявить различия в уровне загрязнения территории с учётом месторасположения хвостохранилищ.

Материал и методы

Изучено валовое содержание свинца, цинка, меди, ртути, мышьяка, кадмия в почве горнорудных поселений Хапчеранга, Шерловая Гора, Кадая, Вершино-Дарасунский, Вершино-Шахтаминский за 2012–2015 гг. Отбор проб по-

чвы осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» в районах жилой застройки, на детских и спортивных площадках. Всего было исследовано 444 пробы. Оценка степени опасности загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения была проведена на основе коэффициентов концентрации (Кс) и суммарного показателя загрязнения почв (Zс), которые были рассчитаны относительно кларка по А.П. Виноградову. Критические значения, характеризующие суммарное загрязнение: при Zс<16 – допустимая, 16<Zс<32 – умеренно опасная, 32<Zс<128 – опасная, 128<Zс – чрезвычайно опасная категория загрязнения. Степень опасности загрязнения почв определялась в соответствии с ориентировочной оценочной шкалой опасности загрязнения почв (МУ 2.1.7.730–99 «Почва. Очистка населённых мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест»), ГН 2.1.7.2041–06 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в по-



Рис. 1. Схема расположения хвостохранилища и мониторинговых точек в с. Хапчеранга (1, 2, 3, 4, 5, 6 – мониторинговые точки).

вании не представлялось возможным использовать данные по фоновому содержанию исследуемых элементов. Статистическая обработка проведена с учётом характера распределения полученных данных, определённого с помощью метода Шапиро–Уилка. Ввиду того, что распределение концентраций загрязняющих веществ статистически значимо отличалось от нормального, определялись медиана и интерквартильный размах $[Me (Q_{25}–Q_{75})]$, для оценки достоверности различий применялся непараметрический U -критерий Манна–Уитни, различия считали значимыми при 95%-ном пороге вероятности ($p < 0,05$).

Результаты

Хапчерангинский горно-обогатительный комбинат – горнорудное предприятие по добыче и обогащению оловянных и полиметаллических руд было введено в эксплуатацию в 1934 г., в сороковые годы комбинат производил более 70% добываемого в стране олова, его деятельность прекращена в 1975 г. в связи с отработкой запасов основного месторождения. После извлечения олова образовалось 6,2 млн т отходов, сосредоточенных в хвостохранилище общей площадью 56,7 га, расположенного в селитебной зоне с. Хапчеранга, жилые дома находятся на расстоянии 50–100 м от накопителя промышленных отходов [7, 8]. Почва исследовалась на содержание токсикантов в шести мониторинговых точках, расположенных в селитебной зоне на расстоянии от 500 м до 2,5 км от хвостохранилища (рис. 1).

Таблица 2

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве с. Хапчеранга в 2012–2015 гг.

Признак	Min	Max	Me (Q25–Q75)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Pb	4,0	583,40	46,25 (28,58–81,42)	88,67	116,45	1,42
Cd	0,01	112,00	1,05 (0,56–2,05)	4,67	16,39	2,10
Hg	0,0	1,45	0,025 (0,025–0,03)	0,05	0,18	0,01

Примечание. Здесь и в табл. 4, 5, 7, 8: M – среднее значение; σ – стандартное отклонение; Max – максимальное значение в выборке; Min – минимальное значение в выборке; Me – медиана; Q25 – нижний квартиль; Q75 – верхний квартиль.

чве», ГН 2.1.7.2042–06 «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» и СанПиН 2.1.7.1287–03 «Почва. Очистка населённых мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

В связи с тем, что для региона характерна геохимическая неоднородность почвенного покрова, в исследо-

ванных, расположенных в селитебной зоне на расстоянии от 500 м до 2,5 км от хвостохранилища (рис. 1). Исследовано 66 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия, ртути. Установлено, что за анализируемый период концентрация свинца была выше ПДК в 66,7%, кадмия – 77,3% отобранных проб, содержание ртути допустимых значений не превышало. В динамике доля неудовлетворительных проб по содержанию свинца незначительно увеличилась с 58,3 до 77,8%, кадмия уменьшилась с 75,0 до 61,1%. Содержание свинца и кадмия на уровне медианных концентраций было выше ПДК в 1,4 и 2,1 раза, на уровне P_{75} превышало нормативные значения в 2,5 и 4,1 раза соответственно (табл. 2).

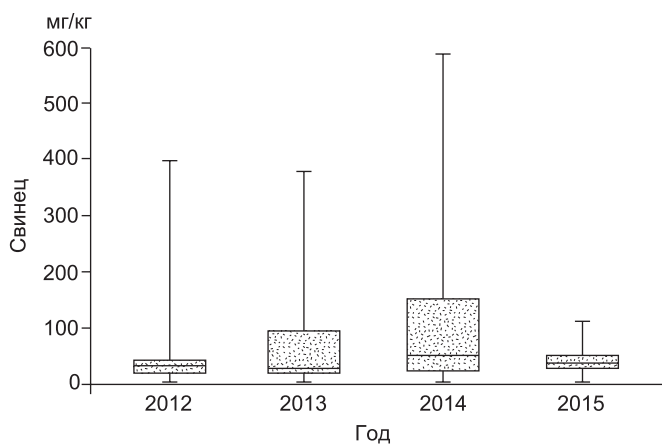


Рис. 2. Динамика загрязнения свинцом почвы с. Хапчеранга.

Здесь и на рис. 3, 6–8: медиана – центральная линия; квартили – границы прямоугольников; минимальные и максимальные значения – границы усов).

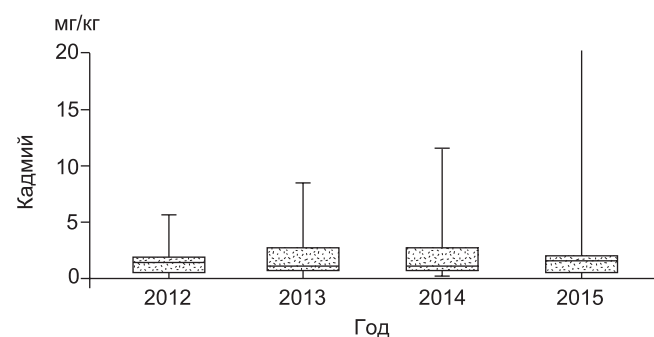


Рис. 3. Динамика загрязнения кадмием почвы с. Хапчеранга.

Таблица 3

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве с. Хапчеранга в разрезе мониторинговых точек за 2012–2015 гг.

Признак	Мониторинговые точки					
	1	2	3	4	5	6
Pb*	45,2 (38,4–53,8)	41,1 (23,1–98,3)	84,2 (40,3–109,3)**	63,2 (48,3–81,8)**	63,7 (9,7–273,6)	31,2 (22,4–36,5)
Cd*	1,0 (0,7–1,3)	1,0 (0,7–3,3)	1,4 (1,1–2,8)**	1,5 (0,9–1,9)	0,6 (0,1–6,7)	0,9 (0,5–1,0)

Примечание. * – $Me (Q25–Q75)$; ** – $p < 0,05$.

На протяжении анализируемого периода медианное значение концентрации свинца не только превышало ПДК, но и характеризовалось тенденцией к росту: в 2012 г. оно составило 35,5 мг/кг (1,1 ПДК), в 2015 г. – 52,3 мг/кг (1,6 ПДК). Содержание кадмия также было выше нормативных данных, но при этом его уровень изменялся незначительно – с 1,1 мг/кг (2,2 ПДК) в 2012 г. до 1,15 мг/кг (2,3 ПДК) в 2015 г. На уровне верхнего предела экспозиции отмечалось существенное превышение допустимых уровней, в 2014 и 2013 гг. концентрация свинца и кадмия на уровне P_{75} была выше ПДК в 3–5 раз. Максимальные концентрации свинца составляли 359,0–583,4 мг/кг в 2012–2014 гг., кадмия – 112,0 мг/кг в 2015 г. (рис. 2, 3).

В разрезе мониторинговых точек отмечается неоднородный характер загрязнения почвы. На территории, расположенной в непосредственной близости от хвостохранилища (табл. 3, точки 3, 4, 5) медианная концентрация свинца превышала ПДК в 2,63, 1,97 и 1,99 раза соответственно, в то время как содержание элемента на участке, находящемся на расстоянии 2,5 км от объекта (точка 6), была значительно ниже (0,97 ПДК). При анализе распределения кадмия установлено, что вблизи объекта (точки 3, 4) уровень медианной концентрации поллютанта находится выше допустимых параметров – 2,8 и 2,9 ПДК соответственно, при этом в точке 5 зарегистрировано содержание металла на уровне ПДК. Необходимо отметить высокий уровень загрязнения кадмием участков, удалённых от накопителя (точки 1, 6) – 2,0 и 1,8 ПДК соответственно. Сравнительный анализ содержания элементов в мониторинговых точках на уровне медианных концентраций показал, что загрязнение почвы свинцом в точках 3 и 4, а кадмием в точке 3 статистически значимо выше ($p < 0,05$), чем в 6 точке (см. табл. 3).

За исследуемый период суммарный показатель загрязнения почвы Z_c , рассчитанный по медианным концентрациям элементов, находился в пределах 4,75–6,92, что соответствует «допустимому» уровню загрязнения. Расчёт Z_c по максимальным концентрациям выявил, что почва относится к категории «опасной» и «чрезвычайно опасной», данный критерий составил от 48,73 до 235,30.

Шерловгорский горнопромышленный район включает олово-вольфрам-висмут-бериллиевое месторождение с наложенной мышьяковой минерализацией и оловополиметаллическое месторождение. Оловополиметаллическую руду добывали открытым способом, вследствие чего образовались карьер, которым до 1993 г. обрабатывали месторождения, хвостохранилище обогатительной фабрики Шерловгорского ГОКа, а также отвалы вскрышных пород, склады бедных и подготовленных к переработке руд. Площадь хвостохранилища

составляет 80,0 га, отвалов вскрышных пород и бедных руд – 210,0 и 53,0 га соответственно, рядом находятся населенные пункты Шерловая Гора и Харанор. Почва пгт Шерловая Гора исследовалась в шести мониторинговых точках, расположенных в селитебной зоне на расстоянии от 500 м до 2,4 км от хвостохранилища (рис. 4).

Исследовано 120 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия, цинка, меди. Установлено, что концентрации свинца в почве превышали ПДК в 29,17%, кадмия – в 12,50%, цинка – в 28,33%, меди – в 3,33% отобранных проб. В динамике для всех элементов характерно снижение количества проб, не соответствующих нормативным значениям. Содержание анализируемых токсикантов на уровне медианных значений не превышало гигиенических нормативов. Загрязнение почвы свинцом и цинком на уровне P_{75} было выше ПДК в 1,1 и 1,3 раза соответственно, содержание кадмия и меди соответствовало нормативным данным (табл. 4).



Рис. 4. Схема расположения хвостохранилища и мониторинговых точек в пгт. Шерловая Гора (1, 2, 3, 4, 5, 6 – мониторинговые точки).

Таблица 4

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве пгт. Шерловая Гора в 2012–2015 гг.

Признак	Min	Max	$Me (Q25–Q75)$	M	σ	Доля ПДК/ОДК к медиане
Pb	0,0	95,06	24,75 (1,10–36,00)	22,88	19,24	0,77
Cd	0,0	3,10	0,10 (0,03–0,31)	0,24	0,38	0,20
Zn	0,0	100,00	32,15 (12,70–71,50)	41,67	36,97	0,58
Cu	0,0	100,00	11,80 (0,13–16,60)	11,43	13,98	0,36



Рис. 5. Схема расположения хвостохранилища и мониторинговых точек в с. Вершино-Шахтаминский (1, 2, 3, 4, 5 – мониторинговые точки).

Таблица 5

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве пгт. Вершино-Шахтаминский в 2012–2015 гг.

Признак	Min	Max	Me (Q25–Q75)	M	σ	Доля ПДК/ОДК к медиане
Pb	0,06	1500	77,3 (57,45–105,12)	132,17	214,41	2,42
Cd	0,1	6,6	0,82 (0,54–1,02)	1,26	1,45	1,64
As	0,005	40,7	3,25 (1,25–4,80)	4,98	8,14	1,63

В динамике наблюдается уменьшение уровня загрязнения почв населённого пункта. Содержание свинца по обследованной части посёлка характеризуется следующим: на фоне медианной концентрации, незначительно превышающей нормативные значения в 2012 г. (37,0 мг/кг) зарегистрировано снижение показателя в 2015 г. до 0,15 мг/кг. Концентрация меди, кадмия и цинка на уровне медианных значений на протяжении всего анализируемого периода не превышала гигиенических нормативов. На уровне P_{75} в 2012–2014 гг. отмечалось превышение ПДК по содержанию свинца (52,75 мг/кг), кадмия (0,57 мг/кг) и цинка (63,25–100,0 мг/кг), в 2015 г. несоответствующих проб выявлено не было. Максимальная концентрация свинца и кадмия на уровне 95,0 и 3,1 мг/кг соответственно, цинка и меди на уровне 100,0 мг/кг была зафиксирована в 2013 г. В разрезе мониторинговых точек содержание

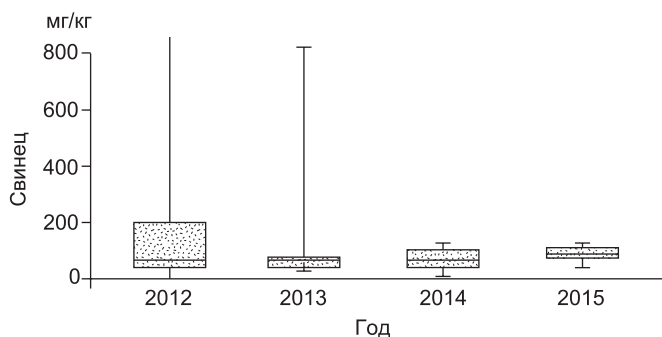


Рис. 6. Динамика загрязнения свинцом почвы пгт. Вершино-Шахтаминский.

ксенобиотиков на уровне медианных концентраций соответствовало нормативным данным. На уровне верхнего предела экспозиции отмечалось превышение ПДК в точках 1, 3 и 4 для свинца в 1,11, 1,16 и 1,21 раза, цинка – в 1,35, 1,28 и 1,32 раза соответственно. Сравнительный анализ не выявил достоверных различий в содержании изучаемых элементов в точках, расположенных как вблизи, так и на значительном расстоянии от хвостохранилища. Суммарный показатель загрязнения почвы (Zc), рассчитанный с учётом медианных концентраций, за исследуемый период составил менее 16 единиц, что относит уровень загрязнения почв к категории «допустимая».

В процессе обработки *Шахтаминского молибденового месторождения* сформировалось хвостохранилище площадью 16,0 га объёмом 4,524 млн т отходов производства, которое располагается в непосредственной близости от жилой зоны пгт. Вершино-Шахтаминский. В рамках проводимого мониторинга исследовано 90 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия и мышьяка, отобранных в пяти мониторинговых точках (рис. 5).

За изучаемый период концентрации свинца в почвенном покрове превышали ПДК в 94,4%, кадмия – в 76,6%, мышьяка – в 60,0% проб. В динамике с 2012 по 2015 г. доля неудовлетворительных проб по содержанию кадмия и свинца выросла с 64,0 и 84,0% до 85,0 и 100,0% соответственно, мышьяка – с 28,0 до 90,0%. Медианные концентрации свинца, кадмия, мышьяка в исследуемых пробах почвы были выше гигиенических нормативов в 2,42, 1,64 и 1,63 раза соответственно. На уровне верхнего предела экспозиции содержание свинца и кадмия превышало ПДК в 3,3 и 2,6 раза соответственно, мышьяка – в 2,4 раза (табл. 5).

В динамике содержание свинца на уровне медианных концентраций не только превышало ПДК, но и характеризовалось устойчивой тенденцией к росту: в 2012 г. оно составило 67,2 мг/кг (2,1 ПДК), в 2015 г. – 92,3 мг/кг (2,9 ПДК). Содержание кадмия также было выше нормативных значений, но при этом его уровень изменялся незначительно – с 0,9 мг/кг (1,8 ПДК) в 2012 г. до 0,97 мг/кг (1,94 ПДК) в 2015 г. Концентрации мышьяка имели высокую степень вариабельности: наиболее низкое значение зарегистрировано в 2012 г. (1,8 мг/кг), максимальное – в 2014 г. (4,5 мг/кг). При анализе содержания поллютантов на уровне верхнего предела экспозиции установлено, что превышение нормативных значений составило в среднем от 2 до 3 ПДК, за исключением свинца, показатель которого в 2012 г. был равен 6 ПДК. Максимальные концентрации исследуемых токсикантов превышали гигиенические нормативы в течение всего анализируемого периода, причём наибольшее содержание было зарегистрировано в 2012–2013 гг. и составило для свинца 1500,0 и 837,1 мг/кг, кадмия – 6,6 и 6,5 мг/кг соответственно, мышьяка в 2013–2014 гг. на уровне 40,7–39,0 мг/кг (рис. 6, 7, 8).

На всей территории населённого пункта регистрировались пробы с высоким содержанием тяжёлых металлов и мышьяка. Сравнительная оценка выявила значительный

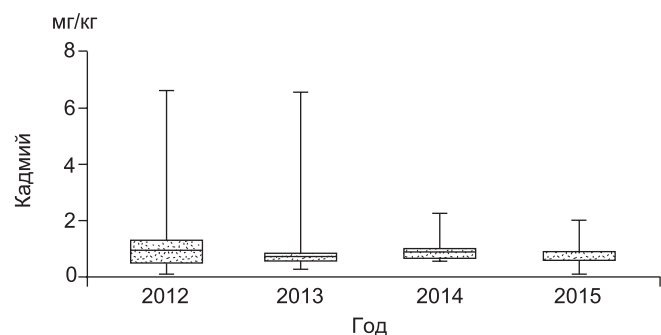


Рис. 7. Динамика загрязнения кадмием почвы пгт. Вершино-Шахтаминский.

уровень изучаемых поллютантов в мониторинговых точках 1, 2, 3 и 4, где зарегистрированы медианные концентрации, превышающие ПДК по свинцу в 2,7–3,5, по кадмию – в 1,8–4,0, по мышьяку – в 1,4–1,9 раза. На уровне P_{75} превышение составило для свинца от 2,9 до 4,1 ПДК, кадмия – от 2,1 до 4,9 ПДК, мышьяка – от 2,2 до 2,8 ПДК (табл. 6).

На протяжении исследуемого периода суммарный показатель загрязнения Z_c , рассчитанный по максимальным концентрациям, варьировался в пределах от 23,76 до 164,8, что оценивает уровень загрязнения почв от «умеренно опасного» до «чрезвычайно опасного». Эколого-гигиеническая оценка по показателю Z_c , определённого с учётом медианных концентраций, относит изученные почвы к категории «допустимое загрязнение» (Z_c от 6,7 до 8,85).

Большинство свинцово-цинковых месторождений Забайкальского края находятся на сравнительно небольшой территории уран-золото-полиметаллического рудного пояса в междуречье Газимура и Аргуни, который является одним из самых старых горнорудных районов России. К освоению **Кадаинского месторождения** приступили в 1757 г., промышленная разработка полиметаллических месторождений Приаргунья началась в послевоенные годы (1947 г.). В 1962 г. был создан Нерчинский полиметаллический комбинат, в его состав вошли шахты Кадаинская, Кличкинская, Благодатская, Акатуевская, Воз-

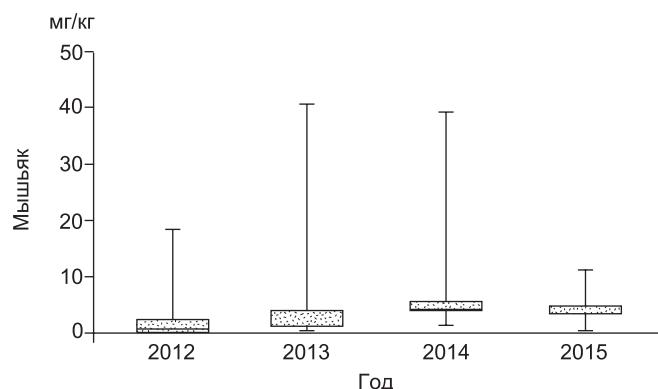


Рис. 8. Динамика загрязнения мышьяком почвы пгт. Вершино-Шахтаминский.

движенская и Михайловская [9, 10]. Кадаинский рудник был закрыт в 1999 г. в связи с отработкой запасов месторождения. Хвостохранилище Кадаинской обогатительной фабрики расположено на расстоянии более 3 км от с. Кадая, его площадь составляет 61,0 га, общая масса загрязнений 2,27 млн т. В рамках социально-гигиенического мониторинга наблюдение за состоянием почв ведется в четырёх мониторинговых точках, всего исследовано 48 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия, ртути, меди и цинка. Концентрации свинца были выше ПДК в 14,6%, кадмия – в 10,4% проб, содержание ртути, меди и цинка допустимых значений не превышало. В динамике с 2012 по 2015 гг. доля неудовлетворительных проб значительно снизилась, в 2014 и 2015 гг. проб с превышением гигиенических нормативов по всем изучаемым элементам зарегистрировано не было. Содержание исследуемых элементов на уровне медианных концентраций не превышало ПДК, при этом загрязнение почвы свинцом и кадмием на уровне P_{75} было выше нормативных значений в 1,8 и 1,9 раза соответственно (табл. 7).

На протяжении анализируемого периода содержание свинца и кадмия на уровне медианных концентраций характеризовалось устойчивой тенденцией к снижению: в 2013 г. оно составило 81,3 и 1,3 мг/кг соответственно,

Таблица 6

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве пгт. Вершино-Шахтаминский в разрезе мониторинговых точек в 2012–2015 гг.

Признак	Мониторинговые точки				
	1	2	3	4	5
Pb*	72,1 (49,25–92,23)	85,84 (66,58–102,45)	73,0 (58,6–80,2)	111,3 (77,3–131,6)	55,7 (53,8–67,33)
Cd*	0,94 (0,4–1,04)	0,9 (0,5–1,0)	0,7 (0,66–0,82)	2,0 (0,62–2,45)	0,58 (0,46–0,72)
As*	3,55 (1,6–5,3)	2,1 (1,08–5,7)	2,75 (1,04–4,7)	3,85** (2,41–4,5)	2,09 (0,87–2,6)

Примечание. * – Me (Q25–Q75).

Таблица 7

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве с. Кадая в 2012–2015 гг.

Признак	Min	Max	Me (Q25–Q75)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Pb	0,06	8353,56	8,0 (0,1–58,0)	315,57	1303,76	0,25
Cd	0,01	95,63	0,1 (0,1–0,94)	15,22	15,22	0,20
Hg	0,004	0,15	0,3 (0,3–0,3)	0,03	0,03	0,12
Zn	5,0	5,00	5,0 (5,0–5,0)	5,00	0,00	0,09
Cu	3,0	3,00	3,0 (3,0–3,0)	3,00	0,00	0,09



Рис. 9. Схема расположения хвостохранилища и мониторинговых точек в пгт. Вершино-Дарасунский (1, 2, 3, 4, 5 – мониторинговые точки).

различном расстоянии от хвостохранилища (рис. 9).

За 2012–2015 гг. было исследовано 120 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия, мышьяка, цинка, меди. Концентрации свинца превышали ПДК в 1,66%, кадмия – в 3,33%, цинка – в 4,16%, мышьяка – в 12,50% отобранных проб, для меди превышений выявлено не было. За 2012–2015 гг. доля проб, не соответствующих нормативным значениям, стабильно снижалась, содержание изучаемых поллютантов на уровне медианных концентраций и верхнего предела экспозиции не превышало гигиенических нормативов (табл. 8).

В динамике медианные концентрации ксенобиотиков в почвах обследованной части посёлка не превышали ПДК. Отмечается снижение уровня загрязнения почвы мышьяком. Так, в 2012 г. его содержание определялось на уровне 1,5 мг/кг, а в 2015 г. данная величина составила 0,45 мг/кг. Содержание остальных изучаемых элемен-

тов было относительно стабильным. На уровне верхнего предела экспозиции превышение нормативных значений характерно только для мышьяка и составило в 2013 г. 3,25 мг/кг. Уровни максимальных концентраций мышьяка и цинка не соответствовали гигиеническим нормативам, при этом характеризовались устойчивой тенденцией к снижению. Таким образом, в 2012 г. содержание мышьяка было 6,0 мг/кг (2,0 ПДК), в 2015 г. – 1,8 мг/кг (0,9 ПДК), для цинка данные показатели составили 68,0 мг/кг (1,24 ПДК) и 42,7 мг/кг (0,78 ПДК) соответственно. Сравнительный анализ содержания токсикантов в мониторинговых точках на уровне медианных концентраций не выявил достоверных различий, за исключением мышьяка. Отмечается значительное превышение содержания этого элемента в 4 и 5 точках, причём максимальные концентрации не соответствовали гигиеническим нормативам во всех мониторинговых точках только в 2013 г. Наибольшее значение показателя (38,6 мг/кг – 19 ПДК) было зарегистрировано в точке 5, в 2014 и 2015 гг. установлено снижение до уровня 0,56–0,67 ПДК. Следовательно, приоритетным загрязнителем почв является мышьяк (табл. 9).

в 2015 г. – в пределах 0,1 мг/кг. При анализе данных о концентрации элементов в разрезе мониторинговых точек установлено, что достоверных различий в уровне загрязнения нет. Суммарный показатель загрязнения (Z_c), рассчитанный на основе медианных и максимальных концентраций, относит уровень загрязнения почв к «допустимой» категории ($Z_c < 16$).

Разработка *Дарасунского золоторудного месторождения* привела к формированию геохимических аномалий, характеризующихся высоким содержанием мышьяка. Источником загрязнения селитебной территории являются хвостохранилища (первая и вторая очереди) обогатительной фабрики ООО «Дарасунский рудник», расположенные в пределах пгт Вершино-Дарасунский. В процессе эксплуатации рудника в 30–50-е годы прошлого столетия образовались отвалы продуктов обжига мышьяксодержащих концентратов (огарков) и кеков цианирования, содержание элемента в которых составляет от 0,95 до 3,90%. В хвостохранилище площадью 80,0 га складировано 6,45 млн т отходов. Исследования проводились в шести мониторинговых точках, находящихся на

Таблица 8

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве пгт Вершино-Дарасунский в 2012–2015 гг.

Признак	Min	Max	Me (Q25–Q75)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Pb	0,0	38,6	13,85(0,5–18,85)	11,77	10,04	0,43
Cd	0,0	1,0	0,1(0,1–0,2)	0,14	0,14	0,2
As	0,006	38,6	0,62(0,1–1,41)	1,72	0,62	0,31
Zn	0,0	68,0	20,15(12,73–25,55)	19,82	14,91	0,37
Cu	0,0	28,4	1,15 (0,09–11,33)	6,32	7,29	0,03

Таблица 9

Уровни содержания (в мг/кг) химических элементов в почве пгт Вершино-Дарасунский по мониторинговым точкам в 2012–2015 гг.

Признак	Мониторинговые точки					
	1	2	3	4	5	6
As*	0,8 (0,7–1,3)	0,6 (0,3–1,5)	0,15 (0,1–1,4)	1,3 (0,2–2,0)	1,2 (0,1–2,0)	0,2 (0,1–1,6)

Примечание. * – Me (Q25–Q75).

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что наиболее неблагоприятная ситуация сложилась в населённых пунктах Хапчеранга и Вершино-Шахтаминский, где в соответствии с суммарным показателем загрязнения Zс почва относится к категории от «умеренно опасной» до «чрезвычайно опасной». Это обусловлено, с одной стороны, несовершенством технологии переработки сырья, когда в отходы производства попадает широкий спектр химических элементов, с другой стороны, хвостохранилища, представляющие собой основной источник загрязнения окружающей среды, располагаются в селитебной зоне поселений, при этом санитарно-защитные зоны возле объектов не организованы. Для изучения характера влияния химического загрязнения почвы на здоровье населения необходим эколого-гигиенический мониторинг с установлением степени контаминации контактирующих с ней сред (атмосферного воздуха, сельскохозяйственной продукции, поверхностных и подземных вод). Суммарное воздействие всего комплекса изученных металлов является реальным фактором риска, поэтому проведение углублённых медико-биологических исследований, включающих определение маркеров экспозиции, позволит выявить нарушения в состоянии здоровья, обусловленные изменённой геохимической обстановкой.

Результаты исследования необходимо использовать для выделения приоритетных профилактических мер с учётом потенциального риска. Учитывая высокую опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции, важным является информирование населения о рисках, связанных с употреблением пищевых продуктов исключительно из индивидуальных подсобных хозяйств. Отходы горного производства (хвостохранилища, отвалы) являются техногенными месторождениями, поэтому с учётом их геохимических особенностей и адекватным подбором технологии переработки они готовы к использованию в качестве минерального сырья. Основными мероприятиями, способными существенно улучшить ситуацию, являются ликвидация хвостохранилищ и проведение рекультивации нарушенных горными работами земель.

Распоряжением Правительства Забайкальского края от 23 октября 2012 г. № 523-р была одобрена «Концепция обращения с отходами производства и потребления в Забайкальском крае на 2013–2020 годы», которая предусматривает создание производств по переработке (использованию) отходов в качестве источника вторичного сырья и сокращение количества объектов размещения отходов, расположенных на территории региона. Анализ данных исследования показывает, что принятая концепция в настоящее время не даёт положительных результатов, что приводит к усугублению напряжённой экологической ситуации в крае и, как следствие, к ухудшению здоровья населения на индивидуальном и популяционном уровне.

Выводы

1. Интенсивная многолетняя добыча и переработка минерального сырья на территории изученных поселений привела к существенному загрязнению почвенного покрова тяжёлыми металлами и мышьяком, что способствовало формированию антропогенных ландшафтов, характеризующихся наличием геохимических аномалий токсичных веществ в непосредственной близости от селитебных зон.

2. Установлен неоднородный характер контаминации почвенного покрова населённых пунктов, при этом основными факторами, влияющими на уровень загрязнения, являются близость к хвостохранилищу, а также объём отходов и время воздействия.

Литература

1. Юргенсон Г.А. Геоэтические и геоэкологические проблемы геотехногенеза в исторических горнопромышленных провинциях на примере Забайкалья. В кн.: *Материалы IV Всероссийского симпозиума «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование»*. Чита; 2012: 94–6.
2. Юргенсон Г.А., Асосков В.М., Чабан Н.Н., Четкин В.С., Григорьев Н.Г., Константинова Т.А. и др. *Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья: История, современное состояние, проблемы, перспективы развития. К 300-летию основания Приказа рудокопных дел*. Новосибирск: Наука; 1999.
3. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.Н., Май И.В., Андреева Е.Е. Кластерная систематизация параметров санитарно-эпидемиологического благополучия населения регионов Российской Федерации и городов федерального назначения. *Анализ риска здоровью*. 2016; 1 (13): 4–14
4. Рыбкин В.С., Богданов А.Н., Чуйков Ю.С., Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор возможных экологически обусловленных заболеваний в Астраханском регионе. *Гигиена и санитария*. 2014 (2): 27–31.
5. Агаджанян Н.А. Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации. *Экология человека*. 2013 (11): 3–12.
6. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Ханхареев С.С., Болошинова А.А. Научно-методические основы и опыт формирования доказательной базы негативного воздействия последствий прошлой экономической деятельности на здоровье населения. В кн.: *Материалы Международного форума «Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека»*. М.; 2016; 1: 225–8.
7. Шеховцев А.И., Белозерцева И.А. Экологические проблемы добычи редкоземельных элементов в Юго-восточном Забайкалье. *Успехи современного естествознания*. 2016; 12: 222–7.
8. Белозерцева И.А., Гранина Н.И. Воздействие разведки, добычи и переработки полезных ископаемых на почвы Сибири. *Фундаментальные исследования*. 2015; 10: 238–42.
9. Замана Л.В., Чель Л.П. Гидрогеохимические особенности зоны техногенеза полиметаллических месторождений Юго-восточного Забайкалья. *Успехи современного естествознания*. 2015; 1: 33–8.
10. Юргенсон Г.А., Филенко Р.А., Смирнова О.К., Дорошкевич С.Г., Овсейчук В.А. Минералого-геохимические особенности техноземов хвостохранилища Нерчинского полиметаллического комбината и его влияние на экологическое состояние окружающей среды. В кн.: *Материалы IV Всероссийского симпозиума «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование»*. Чита; 2012: 41–5.

References

1. Yurgenson G.A. Geoethical and Geocological Issues of Geotechnogenesis in Historical Mining Provinces by the Example of Transbaikalia. In: *Materials of IV All-Russian Symposium «Mineralogy and Geochemistry of Landscape of Mining Territories. Modern Mineralogenesis»*. Chita; 2012: 94–6.
2. Yurgenson G.A., Asoskov V.M., Chaban N.N., Chechetkin V.S., Grigoryev N.G., Konstantinova T.A. [et al.] *Geological Studies and Mining Complex of Transbaikalia: History, Current Situation, Problems, Prospects for Development. On the Occasion of Tercentenary of Foundation of First Mining Department*. Novosibirsk: Nauka; 1999.
3. Onischenko G.G., Zaytseva N.N., May I.V., Andreyeva E.E. Cluster Systematization of Parameters of Sanitary and Epidemiological Welfare of Population in the Regions of Russian Federation and Cities with Federal Status. *Analyz riska zdorov'yu [Health Risk Assessment]*. 2016; 1 (13): 4–14
4. Rybkin V.S., Bogdanov A.N., Chuykov Yu.S., Tyoplaya G.A. Heavy Metals as a Factor of Possible Environment Illnesses in the Astra-

- khan Region. *Gigiiena i Sanitaria [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2014; 2: 27 – 31.
5. Agadzanyan N.A., Skalny A.V., Detkov V.Yu. Elemental Description of a Man: Disease Incidence, Demography and Issue of National Health Management. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2013; 11: 3–12.
 6. Zaytseva N.V., May I.V., Klein S.V., Khankhareyev S.S., Boloshinova A.A. Research and Methodological Basis and Experience of Building an Evidence Base of Adverse Effect of Former Economic Activity Consequences on Human Health. In: *Materials of the International Forum «Current Methodological Issues of Study, Estimation and Regulation of Environment Factors Influencing the Human Health»*. Moscow; 2016; part 1: 225 – 8.
 7. Shekhovtsev A.I., Belozertseva I.A. Ecological Problems of Mining of REE in South-Eastern Transbaikalia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advance of Modern Natural Sciences]*. 2016; 12: 222 – 7.
 8. Belozertseva I.A., Granina N.I. Influence of Exploration, Mining and Processing of Mineral Resources on the Soils of Siberia. *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental Research]*. 2015; 10: 238 – 42.
 9. Zamana L.V., Chechel L.P. Hydrogeochemical Peculiarities of Technogenesis Area of Polymetallic Deposits in South-Eastern Transbaikalia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advance of Modern Natural Sciences]*. 2015; 1: 33 – 8.
 10. Yurgenson G.A., Philenko R.A., Smirnova O.K., Doroshkevitch S.G., Ovseychuk V.A. Mineralogic and Geochemical Peculiarities of Technosoils of Nerchinsk Polymetallic Complex Tailings Storage Facility and its Influence on Ecological Condition of the Environment. In: *Materials of IV All-Russian Symposium «Mineralogy and Geochemistry of Landscape of Mining Territories. Modern Mineralogenesis»*. Chita; 2012: 41 - 5.