

Эпова Е.С.¹, Солодухина М.А.¹, Еремин О.В.¹, Михайлова Л.А.², Алексеева О.Г.³,
Бурлака Н.М.³, Лапа С.Э.³

Мониторинг содержания мышьяка, свинца, кадмия, цинка и меди в компонентах окружающей среды населённого пункта Шерловая Гора (Восточное Забайкалье)

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения Российской академии наук, 672002, Чита;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 672000, Чита;

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

Введение. Проведён мониторинг содержания тяжёлых металлов (таких как Pb, Cd, Zn, Cu) и мышьяка в почвах, снежном покрове, водах посёлка городского типа (пгт.) Шерловая Гора и прилегающей территории. Геохимическая специфика горнопромышленных ландшафтов напрямую определяет уровень заболеваемости местного населения. Установление зависимостей между этими двумя показателями является важной медико-биологической задачей.

Материал и методы. В период 2012–2015 гг. всего исследовано 120 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия, цинка, меди. Проведён анализ впервые выявленной заболеваемости детского (0–14 лет) и подросткового (15–18 лет) населения пгт. Шерловая Гора по данным статистической формы № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за 2012–2015 гг.

Результаты. Выявлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) мышьяка и кадмия в пробах пищевых вод. Для проб почв, снежного покрова и поверхностных вод хвостохранилища, расположенного вблизи населённого пункта, установлено значительное превышение ПДК мышьяка и металлов. Суммарный показатель загрязнения почвы (Zс) в мониторинговых точках, рассчитанный с учётом средних концентраций, составил менее 16 единиц, что соответствует «допустимой» категории загрязнения почв.

Заключение. Установлено, что у детей населённого пункта по сравнению с краем выше заболеваемость сердечно-сосудистой патологией в 7–15,3 раза, заболеваниями ЦНС – в 3,07–5,06 раза. У подростков пгт. Шерловая Гора отмечено превышение заболеваемости сердечно-сосудистой патологией в 2,33–5 раз, ЦНС – в 3,01–5,57 раза, желудочно-кишечного тракта – в 2,6–4,9 раза, мочеполовой системы – в 2–2,2 раза. Частота врождённых аномалий в 6,9–15,6 раза выше по сравнению со среднекраевыми показателями.

К л ю ч е в ы е с л о в а : геохимия почв; олово-полиметаллическое месторождение; мониторинг; тяжёлые металлы; предельно допустимые концентрации; заболеваемость населения.

Для цитирования: Эпова Е.С., Солодухина М.А., Еремин О.В., Михайлова Л.А., Алексеева О.Г., Бурлака Н.М., Лапа С.Э. Мониторинг содержания мышьяка, свинца, кадмия, цинка и меди в компонентах окружающей среды населённого пункта Шерловая Гора (Восточное Забайкалье). *Гигиена и санитария*. 2020; 99 (2): 210–216. DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-2-210-216>

Для корреспонденции: Эпова Екатерина Сергеевна, кандидат геолого-минералогических наук, младший научный сотрудник, ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» СО РАН, 672002, Чита. E-mail: apikur1@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Михайлова Л.А., Солодухина М.А.; сбор и обработка материала – Алексеева О.Г., Бурлака Н.М., Лапа С.Э.; статистическая обработка данных – Алексеева О.Г., Бурлака Н.М., Лапа С.Э.; написание текста – Эпова Е.С., Еремин О.В.; редактирование – Эпова Е.С.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила: 08.02.19

Принята к печати: 12.12.19

Опубликована: 23.03.2020

Epova E.S.¹, Soloduhina M.A.¹, Eremin O.V.¹, Mihaylova L.A.², Alekseeva O.G.³, Burlaka L.M.³, Lapa S.E.³**Monitoring of arsenic, lead, cadmium, zinc, and copper in the environmental components of the Sherlovaya Gora village (Eastern Transbaikalia)**¹Institute of Natural Resources, Ecology, and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, 672002, Russian Federation;²Chita State Medical Academy, Chita, 672000, Russian Federation;³Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Trans-Baikal Territory, Chita, 672000, Russian Federation

Introduction. The content of heavy metals (such as Pb, Cd, Zn, Cu) and arsenic in soils, snow cover, and water has been monitored in the Sherlovaya Gora mining area. The geochemical specificity of mining landscapes directly determines the incidence in the local population. Establishing a dependency between these two indices is an important medical and biological task.

Material and methods. The 120 soil samples were analyzed for the total content of lead, cadmium, zinc, and copper during 2012-2015. The analysis of the newly diagnosed incidence in childhood (0-14 years) and adolescent (15-18 years) population of the village Sherlova Gora was carried out according to statistical form No. 12 "Information on the number of diseases registered in patients living in the area of medical organization service" for 2012-2015.

Results. The excess of maximum permissible concentrations (MPC) of arsenic and cadmium in samples of drinking water were revealed. For samples of soil, snow and surface water of the tailings dump ponds located near the settlement, a significant excess of arsenic and metals MPC was established. The total soil contamination index (Zc) at monitoring points was calculated taking into account the average concentrations, and it is less than 16 units, which corresponds to the "permissible" category of soil contamination.

Conclusion. The children of the village were found to have cardiovascular morbidity by 7.0-15.3 times and a disease of the central nervous system (CNS) by 3.07-5.06 times more if compared with the administrative area. For adolescents, there was an excess of the incidence of cardiovascular pathology by 2.33-5.0 times, CNS - by 3.01-5.57 times, gastrointestinal tract by 2.6-4.9 times, urogenital system in 2.0-2.2 times. The prevalence of congenital anomalies is 6.9-15.6 times higher than the average margin.

Key words: Geochemistry of soils; tin-polymetallic deposit; monitoring; heavy metals; maximum permissible concentrations; morbidity of the population.

For citation: Epova E.S., Soloduhina M.A., Eremin O.V., Mihaylova L.A., Alekseeva O.G., Burlaka L.M., Lapa S.E. Monitoring of arsenic, lead, cadmium, zinc, and copper in the environmental components of the Sherlovaya Gora village (Eastern Transbaikalia). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2020; 99 (2): 210-216. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-2-210-216>

For correspondence: Ekaterina S. Epova, MD, Ph.D., junior researcher of the Institute of Natural Resources, Ecology, and Gryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, 672002, Russian Federation. E-mail: apikur1@yandex.ru.

Information about authors:

Epova E.S., <http://orcid.org/0000-0002-5670-6809>; Soloduhina M.A., <http://orcid.org/0000-0001-6262-5936>; Eremin O.V., <http://orcid.org/0000-0002-0849-4557>; Mihaylova L.A., <http://orcid.org/0000-0001-7470-990X>; Alekseeva O.G., <http://orcid.org/0000-0001-8650-7838>; Burlaka L.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.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Concept and design of the research – Mihaylova L.A., Soloduhina M.A.; Collection and processing of the material – Alekseeva O.G., Burlaka L.M., Lapa S.E.; Statistical processing – Alekseeva O.G., Burlaka L.M., Lapa S.E.; Writing the manuscript – Epova E.S., Eremin O.V.; Editing – Epova E.S.; Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all co-authors.

Received: February 08, 2019
Accepted: December 12, 2019
Published: March 23, 2020

Введение

Шерловгорский горнопромышленный район включает олово-вольфрам-висмут-бериллиевое месторождение с наложенной мышьяковой минерализацией Шерловая Гора и олово-полиметаллическое месторождение [1, 2]. Олово-полиметаллическую руду добывали открытым способом, вследствие чего образовались карьер, которым до 1993 г. обрабатывали месторождения, хвостохранилище обогатительной фабрики Шерловгорского горно-обогатительного комбината (ГОКа), а также отвалы вскрышных пород, склады бедных и подготовленных к переработке руд. Площадь хвостохранилища составляет 80 га, отвалов вскрышных пород и бедных руд соответственно 210 и 53 га, в непосредственной близости от них находятся населённые пункты Шерловая Гора и Харанор [3].

Хвостохранилище Шерловгорского ГОКа представляет собой обезвоженное озеро. Технозём состоит из горных пород разной крупности, но преобладает зернисто-илистый материал класса 0,2 мм, который является продуктом переработки руд. После

закрытия ГОКа в 1993 г. хвостохранилище было обезвожено, и лишь в 2004–2005 гг. его частично засыпали неравномерным слоем каменного материала с отвалов и складов бедных руд. В северной и северо-восточной его частях лежат глыбы липаритов, привезённые для засыпки его пылящей поверхности [4].

Значительное количество исследований свидетельствует, что высокие концентрации тяжёлых металлов и металлоидов, таких как As, Cd, Cu, Pb и Zn, в почвах классифицируются как канцерогенные и могут иметь множество неблагоприятных последствий для здоровья человека [5–21], вызывая отравление, анемию, нейротоксическое действие, проблемы с дыханием [13–21]. Однако воздействие смеси металлов в результате аддитивных и синергических взаимодействий может наносить более серьёзный урон даже когда концентрации отдельных металлов ниже их экотоксикологических эталонных уровней [13–15, 19–20].

Взаимодействия металлов в почве очень важны, поскольку присутствие одного металла может влиять на биодоступность и токсичность другого помимо таких факторов, как Eh и pH почв. Так, [13] установили антагонистический эффект



Рис. 1. Места отбора проб: 1 – пгт. Шерловая Гора; 2 – участок юго-восточнее от пгт. Шерловая Гора; 3 – хвостохранилище; 4 – участок северо-восточнее хвостохранилища; 5 – карьер; 6 – участок на северо-западе от техногенных массивов; 7 – ручей перед Северным отвалом; 8 – временный водоём восточнее Северного отвала; 9 – пруд перед «Голубым» озером; 10 – «Голубое» озеро; 11 – колодец в пос. Вершинка.

во взаимодействии следующих металлов Cu – Pb и Zn – Cd и синергетический эффект при совместном нахождении Pb, Cd и As. В целом выявлена следующая закономерность накопления тяжёлых металлов в почвах $Cd > Pb > Cu > Ni > Mn > Zn > Cr$ [2].

Повышенные концентрации тяжёлых металлов в почвах сельских ландшафтов приводят к увеличению заболеваемости населения и риску возникновения онкологических заболеваний [3–6], по данным китайских исследователей [3], наибольший канцерогенный риск характерен для Cr и As, многие исследователи [14, 18–19] склонны считать, что более всего этому способствует загрязнение Cd и Pb.

Принято выделять три основных пути воздействия на здоровье человека – ингаляционный, дерматологический и алиментарный [3–6], к последнему относится не только употребление загрязнённых питьевых вод, но и тенденция к накоплению тяжёлых металлов в пищевой цепи и в организме человека. При длительном проживании на территории даже с незначительными концентрациями тяжёлых металлов эффект кумуляции способен провоцировать онкологические заболевания, в частности щитовидной железы [20]. Xing Peng и соавт. [21] указывают, что риск негативных последствий для здоровья возрастает при нахождении тяжёлых металлов и металлоидов в твёрдых частицах диаметром $\leq 2,5$ мкм.

Материал и методы

Почва пгт. Шерловая Гора исследовалась на содержание поллютантов в шести мониторинговых точках, расположенных в сельской зоне на расстоянии от 500 м до 2,4 км от хвостохранилища, воду отбирали в 8 точках (рис. 1, 2). Отбор проб почвы осуществлялся в соответствии с ГОСТом¹ в районах жилой застройки, на детских и спортивных площадках. Всего исследо-

вано 120 проб почвы на содержание в них валовых форм свинца, кадмия, цинка, меди [22]. Содержание тяжёлых металлов в почве определялось атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Solaar M6 (США).

Данные о содержании поллютантов в почве сравнивали с данными 1998 г., предоставленными Государственным комитетом по охране окружающей среды Читинской области.

Проведён анализ впервые выявленной заболеваемости детского (0–14 лет) и подросткового (15–18 лет) населения пгт. Шерловая Гора по данным статистической формы № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации», за 2012–2015 гг.

Результаты

Установлено, что за анализируемый период в целом по населённому пункту концентрации свинца в почве превышали ПДК² в 29,17%, кадмия – 12,5%, цинка – 28,33%, меди – 3,33% отобранных проб.

В 2012 и 2013 гг. был зарегистрирован высокий удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, по содержанию свинца (53,33 и 56,67% соответственно). В 2015 г. произошло снижение доли неудовлетворительных проб до 3,33%. Удельный вес проб, превышающих ПДК по содержанию кадмия, стабильно снижается, в 2012 г. их доля составляла 26,67%, в 2015 г. – 6,67%.

По содержанию цинка наибольший удельный вес проб, не соответствующих нормативным значениям, зарегистрирован в 2012 г. (80%), в динамике отмечается снижение количества неудовлетворительных проб, и в 2015 г. данный показатель составил 3,33%.

¹ ГОСТ № 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

² ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» от 01.04.2006 г.

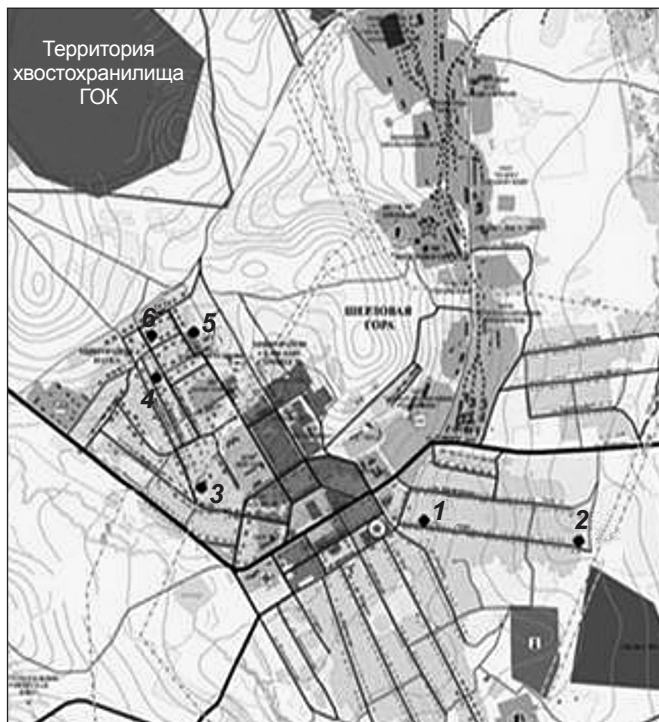


Рис. 2. Схема расположения мониторинговых точек в пгт. Шерловая Гора: 1 – ул. Восточная, д. 57; 2 – ул. Восточная, д. 1; 3 – ул. Ворошилова, д. 1; 4 – ул. Ворошилова, д. 25; 5 – мкр. «Наука», д. 1; 6 – мкр. «Наука», д. 28.

Пробы, не соответствующие гигиеническим нормативам по содержанию меди, были зарегистрированы только в 2012 и 2013 гг. (6,67%), в 2015 г. нестандартных проб не выявлено.

Концентрации тяжёлых металлов в почвах населённого пункта представлены в табл. 1, 2.

Самые высокие уровни максимальных концентраций меди за весь период наблюдения были зарегистрированы в первой и третьей мониторинговых точках – 100 мг/кг (3,03 ПДК) и 83 мг/кг (2,52 ПДК) соответственно. Максимальные концентрации цинка на уровне 100 мг/кг (1,9 ПДК) фиксировались во всех исследуемых точках.

Максимальные концентрации кадмия составили от 0,75 до 3,1 мг/кг, при этом наибольшее содержание токсиканта отмечено в третьей точке.

Уровень максимальных концентраций свинца значительно превышал нормативные значения и составил в третьей и первой мониторинговых точках 95 мг/кг (2,9 ПДК) и 82 мг/кг (2,6 ПДК) соответственно, на остальной территории содержание элемента было в пределах от 51 до 60 мг/кг.

Таблица 1

Уровни содержания тяжёлых металлов в почве пгт. Шерловая гора за 2012–2015 гг.

Признак	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	Доля ПДК/ОДК к медиане
Pb, мг/кг	0,0	95,06	24,75 (1,10–36,00)	22,88	19,24	0,77
Cd, мг/кг	0,0	3,10	0,10 (0,03–0,31)	0,24	0,38	0,20
Zn, мг/кг	0,0	100,00	32,15 (12,70–71,50)	41,67	36,97	0,58
Cu, мг/кг	0,0	100,00	11,80 (0,13–16,60)	11,43	13,98	0,36

Примечание. Здесь и в табл. 2: M – среднее значение; σ – стандартное отклонение; Max – максимальное значение в выборке; Min – минимальное значение в выборке; Me – медиана; Q₂₅ – нижний квартиль; Q₇₅ – верхний квартиль.

Таблица 2

Уровни содержания тяжёлых металлов в почве пгт. Шерловая Гора в разрезе мониторинговых точек за 2012–2015 гг.

Точка отбора проб	Химический элемент, мг/кг	M	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	σ
1	Pb	24,56	0,0	82,0	24,25 (7,1–36,0)	22,0
	Cd	0,24	0,0	0,75	0,1 (0,05–0,51)	0,26
	Zn	43,53	0,0	100,0	32,0 (15,5–74,25)	37,67
	Cu	14,37	0,0	83,0	15,4 (2,03–16,55)	18,26
2	Pb	18,6	0,0	51,0	16,75 (0,56–28,1)	15,88
	Cd	0,25	0,0	0,57	0,1 (0,1–0,5)	0,23
	Zn	40,03	0,0	100,0	32,1 (12,38–56,5)	36,7
	Cu	9,38	0,0	25,3	7,9 (0,25–16,6)	8,97
3	Pb	25,37	0,0	95,0	25,65 (1,85–37,0)	23,73
	Cd	0,35	0,0	3,1	0,1 (0,01–0,27)	0,76
	Zn	41,25	0,0	100,0	30,25 (9,53–70,75)	38,67
	Cu	14,37	0,0	83,0	15,4 (2,03–16,55)	18,26
4	Pb	24,31	0,0	60,0	27,25 (8,39–37,08)	17,92
	Cd	0,19	0,0	1,0	0,1 (0,1–0,28)	0,23
	Zn	44,77	0,0	100,0	35,0 (22,53–73,0)	36,87
	Cu	11,74	0,0	34,6	13,93 (4,88–16,78)	9,29
5	Pb	22,01	0,0	60,0	23,95 (5,44–38,75)	18,12
	Cd	0,14	0,0	0,4	0,1 (0,01–0,31)	0,14
	Zn	39,22	0,0	100,0	33,5 (8,9–57,25)	38,57
	Cu	8,18	0,0	25,4	1,55 (0,13–12,75)	9,46
6	Pb	22,41	0,0	60,0	25,45 (0,97–31,28)	18,38
	Cd	0,2	0,0	1,1	0,1 (0,05–0,31)	0,27
	Zn	39,22	0,0	100,0	33,5 (8,9–57,25)	38,57
	Cu	10,15	0,0	37,0	7,5 (0,75–19,1)	10,92

За весь период наблюдения уровень медианных концентраций анализируемых элементов стабильно снижался во всех мониторинговых точках. В 2012 г. содержание свинца было на уровне 37–39,5 мг/кг, кадмия – 0,31–0,57 мг/кг, цинка – 100 мг/кг, меди – 15,6–16,6 мг/кг, в 2015 г. данные показатели составили для свинца 0–0,15 мг/кг, кадмия – 0–0,38 мг/кг, цинк и медь не определялись. На уровне верхнего предела экспозиции превышение нормативных значений было зарегистрировано в 2013 г., концентрация свинца, кадмия и цинка в 3-й и 4-й точках была выше ПДК в 1,9; 1,3 и 1,2 раза соответственно.

Концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в пробах грунта, твёрдой и жидкой фаз снежного покрова с хвостохранилища выше в 2 и более раз, чем в населённом пункте (табл. 3). Анализ качества двух основных источников питьевой воды на территории пгт. Шерловая Гора показал превышение ПДК по мышьяку в одном случае и по кадмию – во втором.

Обсуждение

Среднее содержание (кларки элементов по А.П. Виноградову) Pb в почве равно 10 мг/кг, Cd – 0,5 мг/кг, Zn – 50 мг/кг, Cu – 20 мг/кг, мышьяка – 5 мг/кг [23], ПДК² (в мг/кг) с учётом фона (кларка): Pb – 6; Zn – 23; Cu – 3; As – 2.

Содержание анализируемых токсикантов в почвах данного населённого пункта на уровне медианных значений не превышало гигиенических нормативов. Загрязнение почвы свинцом и

Содержание мышьяка и тяжёлых металлов (мг/кг) в почве, грунтах, воде и снежном покрове

Место отбора проб	Число проб	As	Zn	Pb	Cu	Cd
		валовое содержание	подвижная форма			
<i>Почва и грунты, мг/кг</i>						
Пгт. Шерловая Гора	126*	61,1	70,4	42,9	1,6	1,8
Юго-восточнее от пгт. Шерловая Гора	49*	17,7	12,6	7,5	0,5	1,1
Хвостохранилище	16*	764,8	1098,9	859,0	104,5	38,2
Северо-восточнее хвостохранилища	5*	155,6	299,0	137,3	8,0	8,0
Карьер	9*	267,8	63,9	74,7	3,0	2,2
Участок на северо-западе от техногенных массивов	20*	60,0	2,9	3,7	0,3	0,3
<i>Снег (жидкая фаза), мг/л</i>						
Пгт. Шерловая Гора	–	0,007	0,02	0,006	0,008	0,02
Хвостохранилище	–	0,008	0,06	0,03	0,014	0,04
<i>Снег (твёрдая фаза), мг/кг</i>						
Пгт. Шерловая Гора	–	116,8	592,2	287	75,8	7,88
Хвостохранилище	–	446,2	2836,2	2023,4	216,2	45,92
<i>Вода, мг/л</i>						
Вода из ручья перед Северным отвалом	1	0,03	6,7	0,2	0,02	0,01
Вода во временном водоёме восточнее Северного отвала	1	0,03	33,4	0,3	0,005	1,0
Карьер	1	0,02	494,0	0,3	3,3	2,6
Пруд перед «Голубым» озером	1	0,03	959,0	0,3	0,3	7,5
«Голубое» озеро	1	0,01	272,0	0,0	0,0	6,0
Временное озеро на хвостохранилище	1	н/д	1	0,3	0,003	0,008
Колодец в пос. Вершинка	1	0,1	0,07	0,0004	0,002	0,00007
Вода из колонки в пгт. Шерловая Гора	1	0,001	0,02	НПО	0,0003	0,02

Примечание. Жирным шрифтом выделено содержание, превышающее ПДК; * – данные Государственного комитета по охране окружающей среды Читинской области (1998 г.); НПО – ниже порога определения анализа; н/д – нет данных.

цинком на уровне P_{75} было выше ПДК в 1,1 и 1,3 раза соответственно, содержание кадмия и меди соответствовало нормативным данным (см. табл. 1).

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 мг/кг), зарегистрировано снижение показателя в 2015 г. до 0,15 мг/кг. Концентра-

ция 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 мг/кг), в 2015 г. несоответствующих проб выявлено не было. Максимальная концентрация свинца и кадмия на уровне 95 и 3,1 мг/кг соответственно, цинка и меди на уровне 100 мг/кг была зафиксирована в 2013 г. (рис. 3, 4).

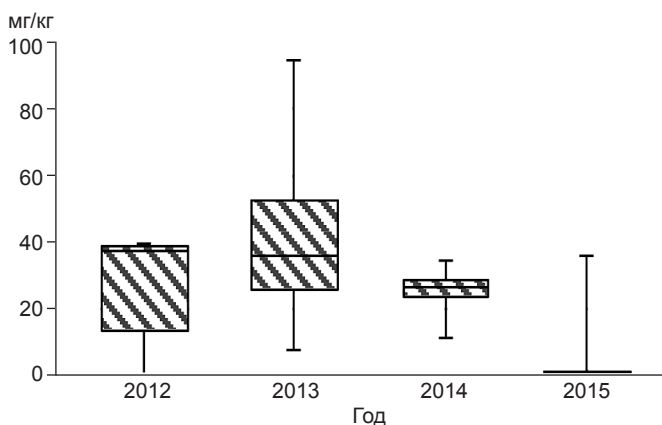


Рис. 3. Динамика загрязнения почвы пгт. Шерловая Гора свинцом (медиана – центральная линия; квартили – границы прямоугольников; минимальные и максимальные значения – границы усов).

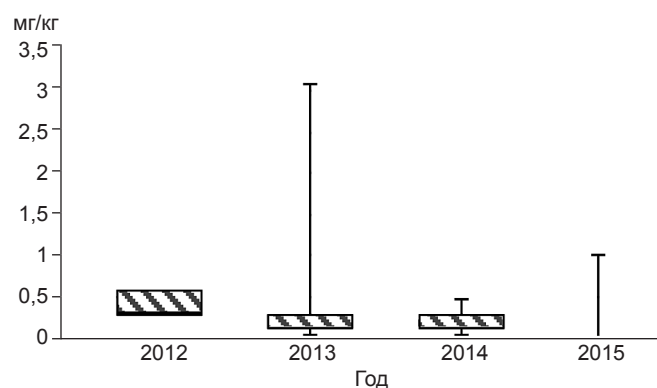


Рис. 4. Динамика загрязнения почвы пгт. Шерловая Гора кадмием (медиана – центральная линия; квартили – границы прямоугольников; минимальные и максимальные значения – границы усов).

В разрезе мониторинговых точек содержание свинца, кадмия, ртути, цинка, меди на уровне медианных концентраций соответствовало нормативным данным. На уровне верхнего предела экспозиции отмечалось превышение ПДК в 1-, 3- и 4-й точках 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, причём средние концентрации поллютантов не превысили ПДК (см. табл. 2). Суммарный показатель загрязнения почвы (Zс) в мониторинговых точках, рассчитанный с учётом средних концентраций, составил менее 16 единиц, что относит уровень загрязнения почв к категории «допустимая».

При анализе данных по впервые выявленной заболеваемости за 2012–2015 гг. было установлено, что у детей пгт. Шерловая Гора по сравнению с краем выше заболеваемость сердечно-сосудистой патологией в 7–15,3 раза (7351,2–4805,4 против 559,2–556,1 сл. на 100 тысяч населения), заболеваниями ЦНС в 3,07–5,06 раза (9179,3–5682,6 против 1930,6–1850,5 сл. на 100 тыс. населения).

При сравнении средних показателей впервые выявленной заболеваемости подростков пгт. Шерловая Гора со среднекраевыми данными было отмечено превышение заболеваемости сердечно-сосудистой патологией в 2,33–5 раз (4127,5–8401,0 против 1569,6–1681,1 сл. на 100 тыс. населения), ЦНС в 3,01–5,57 раза (9426,2–15 196,9 против 2725,8–3122,9 сл. на 100 тыс. населения), желудочно-кишечного тракта в 2,6–4,9 раза (1165,6 – 16 135,08 против 6617,6–8688,6 сл. на 100 тыс. населения), мочеполовой системы в 2–2,2 раза (3198,5–3893,4 против 6900,5–7867,0 сл. на 100 тыс. населения), врождёнными аномалиями в 6,9–15,6 раза (3001,8–4303,3 против 280,2 – 430,1 сл. на 100 тыс. населения).

Повышение заболеваемости, вероятнее всего, связано с осушением хвостохранилища в 1993 г., что привело к переносу дисперсных частиц почв и технозёмов (размерностью $\leq 0,2$ мм) атмосферными массами на дальние расстояния. Увеличению доли воздушной миграции также способствуют условия степной климатической зоны с частыми ветрами и открытыми пространствами. Отсыпка пылящей поверхности хвостохранилища в 2004–2005 гг. дала свой результат, выразившийся в снижении концентрации тяжёлых металлов в почвах населённого пункта. Снижение уровня загрязнения почв населённого пункта в дальнейшем должно положительно отразиться и на показателях заболеваемости.

Заключение

Данные по загрязнению почвенного покрова свидетельствуют о присутствии металлов в концентрациях, превышающих ПДК, на протяжении всего периода исследования с 1998 по 2015 г. В динамике наблюдается уменьшение уровня загрязнения почв населённого пункта. Суммарный показатель загрязнения почвы в мониторинговых точках, рассчитанный с учётом средних концентраций, показал, что уровень загрязнения почв относится к категории «допустимая».

При анализе данных по впервые выявленной заболеваемости за 2012–2015 гг. было установлено, что у детей пгт. Шерловая Гора по сравнению с краевыми показателями выше заболеваемость сердечно-сосудистой патологией, заболеваниями ЦНС. Среди подросткового населения помимо превышения заболеваемости сердечно-сосудистой патологией, заболеваниями ЦНС было отмечено увеличение заболеваний желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы и врождённых аномалий.

Ввиду снижения концентраций тяжёлых металлов в почвах за последние годы очевидно, что повышение заболеваемости носит отсроченный характер, связанный с повышением загрязнения почв в результате осушения хвостохранилища.

Литература (пп. 9–11, 13–15, 17–21 см. References)

1. Котельников А.М., Харитонов Ю.Ф., Литвиненко В.Г., Черников В.Г., Локоть Л.И., Васильев В.Г. Горнопромышленный комплекс и окружающая среда. В кн.: *Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья: История, современное состояние, проблемы, перспективы развития. К 300-летию основания Приказа рудоконных дел*. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН; 1999: 452–84.
2. Эпова Е.С., Еремин О.В. Сравнительный анализ процессов выщелачивания кварц-топаз-вольфрамитовых рудоносных пород и олово-полиметаллических сульфидных руд Шерловгорского месторождения. В кн.: *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Материалы III Всероссийской научной конференции с международным участием*. Чита; 2018: 391–3.
3. Солодухина М.А., Юргенсон Г.А. Мышьяк в ландшафтах Шерловгорского рудного района (Восточное Забайкалье). Чита: ЗабГУ; 2018. 176 с.
4. Юргенсон Г.А., Солодухина М.А. Мышьяк в зоне гипергенеза Шерловгорского горнопромышленного района. *Вестник Читинского государственного университета*. 2011; 10 (77): 117–23.
5. Михайлова Л.А., Солодухина М.А. Природные и антропогенные геохимические аномалии Забайкальского края. *Современные проблемы науки и образования*. 2016; 5: 310. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25224>. (дата обращения: 30.01.2019)
6. Витковский Ю.А., Михайлова Л.А., Бондаревич Е.А., Солодухина М.А., Эпова Е.С., Еремин О.В. и соавт. Влияние антропогенных геохимических факторов среды обитания на элементный статус детей п. Хапчеранга (Восточное Забайкалье). *Забайкальский медицинский вестник*. 2018; 2: 14–23.
7. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Дровосекова И.В., Муллагулова Э.Р. Элементный статус населения горнорудного региона (на примере Зауральской зоны Республики Башкортостан). *Микроэлементы в медицине*. 2015; 16 (2): 47–51.
8. Клейн С.В., Вековщина С.А., Балашов С.Ю., Хорошавин В.А., Ухабов В.М. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния мест складирования отходов горно-обогатительного комбината. *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (1): 10–5.
12. Вековщина С.А., Клейн С.В., Ханхареев С.С., Макарова Л.В., Мадеева Е.В., Болотинова А.А. Оценка качества среды обитания и рисков для здоровья населения г. Закаменска – территории длительного хранения отходов Джидинского вольфрамо-молибденового комбината. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (1): 15–20.
16. Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Колпаков Ф.А. Загрязнение воздуха взвешенными частицами как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (2): 133–7.
22. Сладкова Ю.Н., Крийт В.Е., Бадаева Е.А. Об основных проблемах, возникающих при проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы результатов лабораторных исследований почвы населённых мест. *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (12): 1146–51.
23. Алексеев В.А., Алексеев А.В. *Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв седиментных ландшафтов*. Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета; 2013. 388 с.

References

1. Kotelnikov A.M., Kharitonov Yu.F., Litvinenko V.G., Chernigov V.G., Lokot' L.I., Vasilyev V.G. Mining industry and environment. In: *Geological research and mining complex of the Transbaikalia: History, current state, problems, development prospects. To the 300th anniversary of the foundation of the Order of Mining Affairs [Geologicheskoye issledovaniya i gorno-promyshlennyy kompleks Zabaykal'ya: Istoriya, sovremennoye sostoyaniye, problemy, perspektivy razvitiya. K 300-letiyu osnovaniya Prikaza rudokopnykh del]*. Novosibirsk: Nauka. Siberian Publishing Company of the Russian Academy of Sciences; 1999: 452–84. (in Russian)
2. Epova E.S., Eremin O.V. Comparative analysis of leaching of quartz-topaz-wolframite ore-bearing rocks and tin-polymetallic sulphide ores of the Sherlovogorsky deposit. In: *Geological evolution of the interaction of water with rocks. Proceedings of the third All-Russian scientific conference with international participation [Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeystviya vody s gornymi porodami. Materialy tret'ey Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem]*. Chita; 2018: 391–3. (in Russian)
3. Solodukhina M.A., Yurgenson G.A. *Arsenic in landscapes of the Sherlovogorsky ore region (Eastern Transbaikalia) [Mysh'yak v landshaftakh*

- Sherlovogorskogo rudnogo rayona (Vostochnoye Zabaykal'ye)*. Chita: ZabGU; 2018. 176 p. (in Russian)
4. Yurgenson G.A., Solodukhina M.A. Arsenic in the hypergenesis zone of the Sherlovogsky mining region. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta [Herald of Chita State University]*. 2011; 10 (77): 117–23. (in Russian)
 5. Mikhailova L.A., Solodukhina M.A. Natural and anthropogenic geochemical anomalies of the Trans-Baikal Territory. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education]*. 2016; 5: 310. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25224>. (accessed on 30.01.2019). (in Russian)
 6. Vitkovsky Yu.A., Mikhailova L.A., Bondarevich E.A., Solodukhina M.A., Epova E.S., Eremin O.V. et al. The influence of anthropogenic geochemical environmental factors on the elemental status of children in the village of Napcheranga (Eastern Transbaikalia). *Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik [Transbaikalian Medical Journal]*. 2018; 2: 14–23. (in Russian)
 7. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Drovosekova I.V., Mullagulova E.R. Elemental status of the population of the mining region (for example, Trans-Ural zone of the Republic of Bashkortostan). *Mikroelementy v meditsine [Trace Elements in Medicine]*. 2015; 16 (2): 47–51. (in Russian)
 8. Klein S.V., Vekovshina S.A., Balashov S.Yu., Khoroshavin V.A., Ukhobov V.M. Hygienic assessment of the carcinogenic risk to the health of the population living in the zone of influence of places of storage of waste mining and processing plant. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (1): 10–5. (in Russian)
 9. Liu J., Liu Y.J., Liu Y., Liu Z., Zhang A.N. Quantitative contributions of the major sources of heavy metals in soils to ecosystem and human health risks: A case study of Yulin, China. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018; 164: 261–9. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.08.030.
 10. Tepanosyan G., Sahakyan L., Belyaeva O., Asmaryan S., Saghatlyan A. Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health. *Sci Total Environ*. 2018; 639: 900–9. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.211.
 11. Sah D., Verma P.K., Kandikonda M.K., Lakhani A. Pollution characteristics, human health risk through multiple exposure pathways, and source apportionment of heavy metals in PM10 at Indo-Gangetic site. *Urban Clim*. 2019; 27: 149–62. DOI: 10.1016/j.uclim.2018.11.010.
 12. Vekovshina S.A., Klein S.V., Khankhareyev S.S., Makarova L.V., Madeeva E.V., Boloshinova A.A. Assessment of the quality of the habitat and the risks to the health of the population of Zakamensk is a territory of long-term storage of waste from the Dzhida tungsten-molybdenum combine. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 96 (1): 15–20. (in Russian)
 13. Wijayawardena M.A.A., Megharaj M., Naidy R. Exposure, toxicity, health impacts, and bioavailability of heavy metal mixtures. *Adv Agron*. 2016; 138: 175–234. DOI: 10.1016/bs.agron.2016.03.002.
 14. Li H., Ji H. Chemical speciation vertical profile and human health risk assessment of heavy metals in soil from coal-mine brownfield, Beijing, China. *J Geochem Explor*. 2017; 183: 22–32. DOI: 10.1016/j.gexplo.2017.09.012.
 15. Vigneri R., Malandrino P., Gianì F., Russo M., Vigneri P. Heavy metals in the volcanic environment and thyroid cancer. *Mol Cell Endocrinol*. 2017; 457: 73–80. DOI: 10.1016/j.mce.2016.10.027.
 16. Kolpakova A.F., Sharipov R.N., Kolpakov F.A. Air pollution by suspended particles as a risk factor for cardiovascular diseases. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 96 (2): 133–7. (in Russian)
 17. Lian M., Wang J., Sun L., Xu Z., Tang J., Yan J. et al. Profiles and potential health risks of heavy metals in soil and crops from the watershed of Xi River in Northeast China. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2019; 169: 442–8. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.046.
 18. Jiang Y. et al. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. *Chemosphere*. 2017; 168: 1658–68. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.088.
 19. Doyi I., Essumang D., Gbeddy G., Dampare S., Kumassah E., Saka D. Spatial distribution, accumulation and human health risk assessment of heavy metals in soil and groundwater of the Tano Basin, Ghana. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018; 165: 540–6. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.09.015.
 20. Mehr M.R., Keshavarzi B., Moore F., Sharifi R., Lahijanzadeh A., Kermani M. Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan Province, Iran. *J Afr Earth Sci*. 2017; 132: 16–26. DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2017.04.026.
 21. Peng X., Shi G., Liu G., Xu J., Tian Y., Zhang Y. et al. Source apportionment and heavy metal health risk (HMHR) quantification from sources in a southern city in China, using an ME2- HMHR model. *Environ Pollut*. 2017; 221: 335–42. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.11.083.
 22. Sladkova Yu.N., Kriyut V.E., Badaeva Ye.A. About the main problems arising during the sanitary-epidemiological examination of the results of laboratory studies of the soil of populated areas. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (12): 1146–51. (in Russian)
 23. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. *Chemical elements in geochemical systems. The abundances in urban soils [Khimicheskiye elementy v geokhimicheskikh sistemakh. Klarki pochv seltebnykh landshaftov]*. Rostov-on-Don: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta; 2013. 388 p. (in Russian)