



ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Научная статья

<https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-11-338>

УДК 612:799.1–0.7(470.23–25)

**Исследование элементного статуса молодого населения
посёлка Солнечный Хабаровского края
в рамках горно-экологического мониторинга**Н. К. Растанина¹ , Д. А. Голубев^{1,2} , А. В. Перфильев³ , П. Л. Растанин¹ , И. А. Попадъев¹ ¹ Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация² Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Хабаровск, Российская Федерация³ Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Российская Федерация

n.rastanina@yandex.ru

Аннотация

В Солнечном районе Хабаровского края в результате длительной работы горно-обогатительного комбината сформировалась горнопромышленная техногенная система. Здесь образовались биогеохимические зоны с высоким содержанием соединений химических элементов, в том числе тяжёлых металлов и мышьяка. Установлено, что в мониторинговых точках, расположенных на различном расстоянии от второго хвостохранилища Солнечного ГОКа, в том числе на территории посёлка Солнечный (Хабаровский край), концентрации определяемых тяжёлых металлов в почвах превышают нормативные значения по Cu, Zn, Pb и Hg от 1,4 до 12,36 ПДК, содержание As составило 571 ПДК. В водных объектах отмечается превышение по Cr, Cu, Fe и Zn от 2 до 110 ПДК. Превышение содержания As в исследуемых пробах воды не обнаружено. Элементный статус в растущем организме человека является индикаторным показателем состояния экосистем, в связи с чем была проведена оценка элементного состава волос жителей посёлка Солнечный в возрасте до 14 лет. Показано, что особенностью элементного статуса для девочек в исследуемой группе являются высокие показатели содержания тяжёлых металлов Hg, Cr, Pb, Cu, а также пониженное содержание важного эссенциального элемента Zn. Для мальчиков отмечаются превышения по концентрациям Hg, Fe, Cr, Zn и Cu. В связи с этим предложены технические решения с целью снижения распространения загрязняющих веществ от хвостохранилищ, в том числе Солнечного ГОКа.

Ключевые слова

горное дело, обогащение, оловорудное сырьё, отходы, хвостохранилище, окружающая среда, техногенное загрязнение, почва, грунт, вода, проба, тяжёлые металлы, хром (Cr), железо (Fe), медь (Cu), цинк (Zn), мышьяк (As), кадмий (Cd), олово (Sn), ртуть (Hg), свинец (Pb), спектрометрия, спектрофотометр, детское население, элементный статус, рекультивация, консервация, Хабаровский край, посёлок Солнечный

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-27-20085 <https://rscf.ru/project/24-27-20085/> и Министерства образования и науки Хабаровского края (Соглашение № 121С/2024).

Для цитирования

Rastanina N. K., Golubev D. A., Perfiliev A. V., Rastanin P. L., Popadyev I. A. Assessment of the elemental status of the young population in Solnechny, Khabarovsk krai, as part of mining environmental monitoring. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2025;10(2):161–168. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-11-338>

ENVIRONMENTAL PROTECTION

Research paper

Assessment of the elemental status of the young population in Solnechny, Khabarovsk krai, as part of mining environmental monitoringN. K. Rastanina¹ , D. A. Golubev^{1,2} , A. V. Perfiliev³ , P. L. Rastanin¹ , I. A. Popadyev¹ ¹ Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation² Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russian Federation³ Institute of Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation

n.rastanina@yandex.ru

Abstract

Prolonged operation of the mining and processing plant in Solnechny District, Khabarovsk Krai, led to the formation of a technogenic mining system. Biogeochemical zones with elevated concentrations of chemical compounds, including heavy metals and arsenic, developed in the area. Monitoring revealed that soil samples taken



at varying distances from the second tailings dump of the Solnechny Mining and Processing Plant (MPP), including within the settlement of Solnechny, contained heavy metals – Cu, Zn, Pb, and Hg – at levels exceeding the maximum permissible concentrations (MPCs) by factors of 1.4 to 12.36. Arsenic levels reached 571 times the MPC. Surface water bodies showed excess concentrations of Cr, Cu, Fe, and Zn, ranging from 2 to 110 times the MPC. No arsenic excess was found in water samples. The elemental status of a developing child reflects the health of the surrounding ecosystem. Hair samples from children under 14 years of age residing in the settlement of Solnechny were analyzed. Girls showed elevated levels of Hg, Cr, Pb, and Cu, along with reduced concentrations of the essential element Zn. Boys showed increased levels of Hg, Fe, Cr, Zn, and Cu. To reduce the spread of pollutants from tailings dumps, including those of the Solnechny plant, technical solutions have been proposed.

Keywords

mining, beneficiation, tin ore, waste, tailings dump, environment, technogenic pollution, soil and subsoil, water, sample, heavy metals, chromium (Cr), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), arsenic (As), cadmium (Cd), tin (Sn), mercury (Hg), lead (Pb), spectrometry, spectrophotometer, child population, elemental status, land reclamation, waste containment, Khabarovsk Krai, settlement of Solnechny

Funding

This research was supported by a grant from the Russian Science Foundation, project No. 24-27-20085 (<https://rscf.ru/project/24-27-20085/>), and by the Ministry of Education and Science of Khabarovsk Krai (Agreement No. 121C/2024).

For citation

Rastanina N.K., Golubev D.A., Perfiliev A.V., Rastanin P.L., Popadyev I.A. Assessment of the elemental status of the young population in Solnechny, Khabarovsk krai, as part of mining environmental monitoring. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2025;10(2):161–168. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-11-338>

Введение

Интенсивное освоение минеральных ресурсов с начала 70-х годов XX в. горными предприятиями Дальневосточного федерального округа привело к значительному техногенному загрязнению всех компонентов окружающей среды [1, 2]. В окрестностях горнопромышленных предприятий, подверженных в той или иной степени воздействию техногенной системы, сформировались биогеохимические зоны с высоким содержанием соединений химических элементов, в том числе тяжёлых металлов и мышьяка. К таким градообразующим горным предприятиям в прошлом столетии относился и Солнечный горно-обогатительный комбинат (ГОК) в Хабаровском крае. В годы перестройки он не справился с трудностями переходного периода и был обанкрочен [3, 4]. Первое хвостохранилище Солнечной обогатительной фабрики (СОФ) находится в непосредственной близости от посёлка Горный (около 100 м) в долине р. Силинка (в районе слияния р. Силинка и р. Амур). Отходы накапливались с 1963 по 1997 г. Мощность отвальных хвостов составляет около 20–25 м. Площадь его составляет 20 га и объём – 10,6 млн т. Это хвостохранилище используется для повторной переработки сырья обогатительной фабрикой. Второе хвостохранилище СОФ располагается напротив горняцкого посёлка Солнечный. Данное хвостохранилище занимает 40,3 га, объём накопленных отходов составляет 24,09 млн т. В настоящее время активы бывшего Солнечного ГОКа, месторождения «Фестивальное» и «Перевальное», находятся под управлением «Оловянной рудной компании», которая перезапустила добычу олова и вольфрама и продолжила наполнять третье хвостохранилище, а компания ООО «Геопроминвест» активно перерабатывает отходы второго, построив за ним новое хвостохранилище. Согласно ранее проведённым исследованиям хвостохранилища, содержащие огромное количество отходов, оказывающих негативное

воздействие на окружающую среду, представляют реальную угрозу для здоровья человека, флоры и фауны, а также водных объектов [5–7] вследствие накопления токсичных тяжёлых металлов в живых организмах.

Известно, что волосы являются информативным и качественным биологическим материалом, несущим информацию об экологической обстановке, наличии заболеваний и отклонений в здоровье человека [8]. Химический состав волос отражает как внутреннее состояние организма, так и следствия воздействия различных экзогенных факторов [9]. В связи с малой скоростью роста волос их анализ показывает усреднённое содержание макро- и микроэлементов за несколько месяцев. По мнению А.Е. Побилат и др. [10, 11], мониторинг содержания микроэлементов в волосах позволяет решать целый спектр задач, стоящих перед наукой, таких как индикация загрязнения окружающей среды и оценка вредных факторов, влияющих на человека.

Целью исследования является оценка распространения соединений Pb, Hg, Cu, Cr, Fe, Zn, Cd, Sn и As с использованием элементного статуса молодого населения горняцкого посёлка. Исходя из цели сформулированы следующие задачи: 1. Анализ и систематизация литературных данных по проблеме техногенного загрязнения экосферы отходами переработки оловянного сырья. 2. Оценка распространения химических элементов в компонентах окружающей среды от хвостохранилища Солнечного ГОКа. 3. Исследование элементного статуса населения в возрасте до 14 лет пос. Солнечный Хабаровского края в рамках горно-экологического мониторинга. 4. Разработка предложений по снижению уровня распространения техногенного загрязнения в экосистеме.

Объектами исследования являются горнопромышленные техногенные территории, сформировавшиеся в результате деятельности Солнечного ГОКа, а также элементный статус волос детей и подростков горняцкого посёлка.



Рис. 1. Поверхность второго хвостохранилища Солнечной обогатительной фабрики

Второе хвостохранилище Солнечного ГОКа расположено на отметках 286–303 м, в 6,5 км к юго-западу от места слияния р. Холдоми и р. Силинка, напротив второй перерабатывающей фабрики. На противоположном борту долины, на более высоких отметках, находится горняцкий посёлок Солнечный (рис. 1).

Методы исследования

Для характеристики техногенной обстановки в границах влияния хвостохранилища проводился отбор проб почвогрунтов на валовое содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почве вблизи второго хвостохранилища Солнечного ГОКа. Отбор проб проводился согласно ГОСТ 17.4.3.01–2017¹.

Также были отобраны пробы воды в границах влияния второго хвостохранилища в различных точках бассейна р. Силинка². Определение концентраций элементов осуществлялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра Thermo Solaar M. Series и спектрометра Agilent 720 ICP-OES.

Карта-схема отбора проб почв и воды приведена на рис. 2.

Были изучены образцы волос детей и подростков в возрасте от 3 до 14 лет (мальчики и девочки), проживающих в посёлке Солнечном. Проведено определение элементного статуса у 45 детей, из них 20 мальчиков и 25 девочек в возрасте до 14 лет. Средний возраст составил при этом 6,68 лет $\pm$ 2 года. Мальчики до 7 лет включительно составляли 26,7 %, девочки – 33,3 %, мальчики 8–14 лет – 22,1 %; девочки 8–14 лет – 17,9 %. В выборку включены дети и подростки, постоянно проживающие в данном населённом пункте. Все про-

бы волос подвергались отбору, подготовке по методике определения микроэлементов в биосубстратах³, проанализированы в аккредитованном Информационно-аналитическом центре при Институте тектоники и геофизики ДВО РАН (г. Хабаровск). Определено содержание следующих элементов: Cr, Fe, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Hg, Pb. Полученные данные обработаны в наборе офисных приложений Microsoft Office.

Результаты и обсуждение

За период с 1969 по 2001 г. во втором хвостохранилище Солнечного ГОКа накопилось около 24,1 млн т отходов. Отмечается, что на территории хвостохранилища на 1990 год было накоплено: 46 392 т олова (при среднем содержании 0,183 %), 707 000 т меди (0,28 %), 39 356 т цинка (0,156 %), 47 853 т свинца (0,188 %), 6742 т вольфрама (0,015 %), 5874 т висмута (0,013 %) и 339 т серебра (116 г/т), а также редких элементов и золота. Согласно ранее проведённым исследованиям по определению класса опасности отходов освоенные хвосты относятся к высоко опасному классу токсичности⁴ [2]. На территории нарушенных земель рекультивация в соответствии с Законом РФ «О недрах» не проводилась⁵. По нашим расчётам, учитывая

³ Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосубстратах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2003. С. 22.

⁴ Приказ Минприроды России от 08.07.2010 № 238 (ред. от 18.11.2021) «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды: зарегистрировано в Минюсте России 07.09.2010 № 18364. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668>

⁵ О недрах. Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1 2024. Последняя редакция. М.: ЦЕНТРМАГ; 2024. 136 с.

¹ ГОСТ 17.4.3.01–2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

² Р 52.24.353–2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод.

глубину отбора проб (до 20 см), степень загрязнения, площадь загрязнённого участка, соответствующие коэффициенты и показатели, общий размер вреда, причинённого почвам, составляет 19 306 руб/м² [13].

В мониторинговых точках, расположенных на различном расстоянии от второго хвостохранилища Солнечного ГОКа, концентрации определяемых тяжёлых металлов и мышьяка в почвенных горизонтах 10–20 см значительно превышают нормативные значения (табл. 1).

Отмечается неблагоприятная ситуация на территории жилой застройки, находящейся в непосредственной близости от объекта (1,5–3,0 км), где превышение нормативных значений на уровне средних концентраций составило для Cu – 12,36, Zn – 2,73, Pb – 9,71, Hg – 1,40, As – 569,09 ПДК.

Отобранные образцы техногенных (Т. 1) и природных (Т. 2–5) вод (см. рис. 2) изучены на содержание следующих элементов: As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sn, Zn. Результаты представлены в табл. 2.

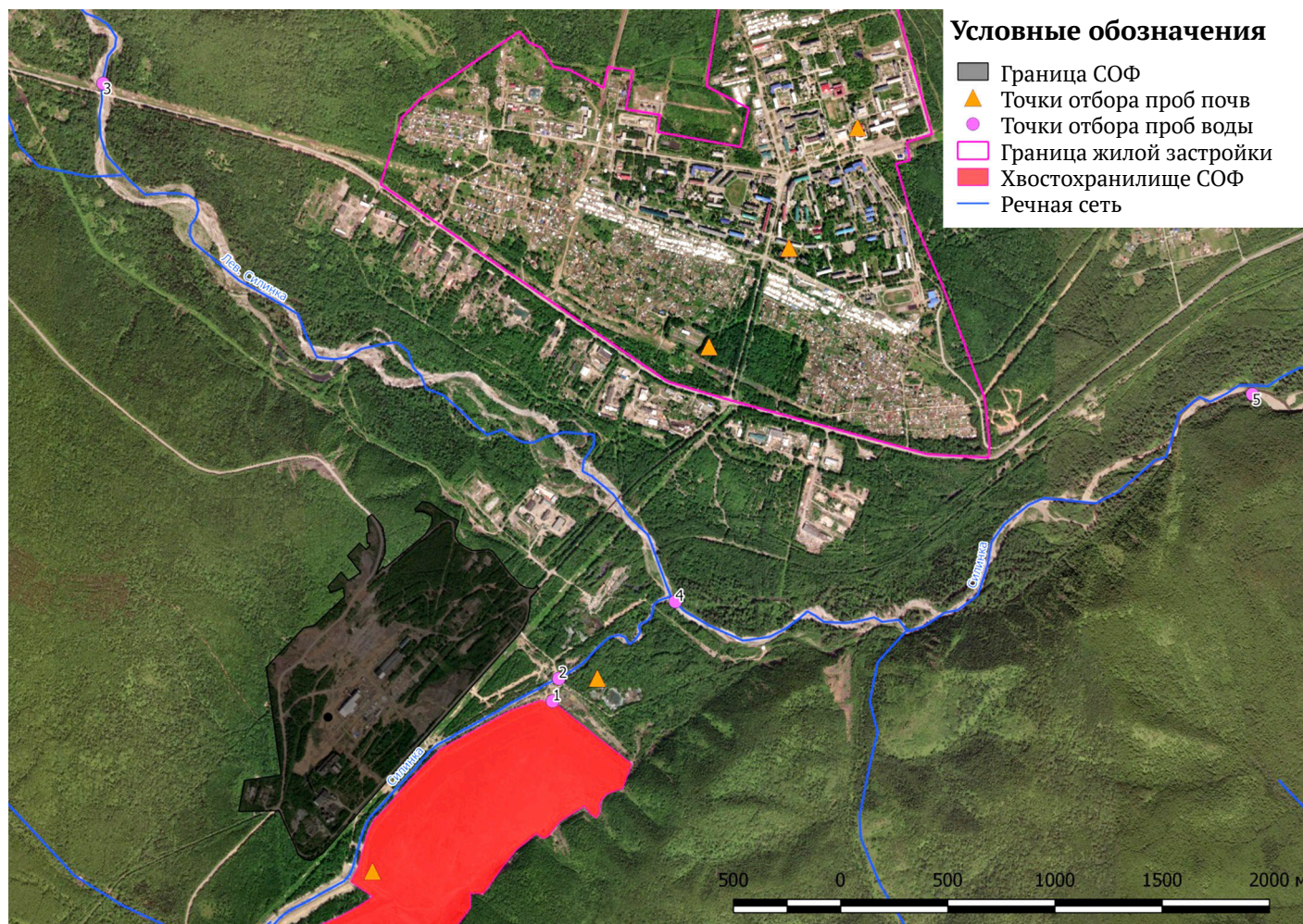


Рис. 2. Карта-схема отбора проб почв и воды вблизи второго хвостохранилища Солнечного ГОКа

Таблица 1

Содержание отдельных тяжёлых металлов и мышьяка в почвах на глубине 10–20 см на различном расстоянии от второго хвостохранилища Солнечного ГОКа, мг/кг

Элементы	Zn	Cu	Pb	Hg	As
Хвостохранилище	140,00	620,18	713,22	5,78	7792,60
0,3 км от хвостохранилища	168,30	749,79	282,74	2,29	2306,47
1,5 км от хвостохранилища	71,68	319,76	642,22	8,3	3254,48
2,5 км от хвостохранилища	264,16	643,56	195,37	0,3	105,12
3 км хвостохранилища	119,62	260,91	36,31	0,22	54,95
ПДК	55, 5	33,0	30,0	2,1	2,0
Фон	60,46	38,78	81,5	0,58	42,49



В природных водах по течению р. Силинка после второго хвостохранилища отмечается превышение химических веществ в воде поверхностных водных объектов рыбохозяйственного назначения по Cr от 4 до 11,5, Cu – 110, Fe – от 2 до 24,2, Zn – от 31 до 46 ПДК. Превышение содержания As в исследуемых пробах воды не обнаружено.

Таким образом, население горняцкого посёлка Солнечный проживает в условиях превышения нормативных показателей загрязняющих веществ в почвогрунтах и водных объектах.

Для выявления региональной геохимической специфики природной среды были использованы коэффициенты, рассчитанные как отношение содержания химических элементов в волосах молодого населения посёлка к их среднему содержанию в волосах молодого населения (с учётом пола) (рис. 3).

Полученные данные позволили установить специфику геохимической составляющей волос детей и подростков горняцкого посёлка Солнечный:

для девочек: $Hg_{3,66} > Cr_{3,52} > Pb_{2,61} > Cu_{1,43} > Cd_{0,95} = Fe_{0,95} > Zn_{0,94} > Sn_{0,32} > As_{0,13}$;

для мальчиков: $Hg_{9,81} > Fe_{8,75} > Cr_{2,95} > Zn_{1,54} > Cu_{1,45} > Pb_{1,06} > Sn_{0,87} > Cd_{0,57} > As_{0,33}$.

Особенностью элементного статуса детей в исследуемой группе посёлка Солнечный являются повышенные показатели содержания токсичных металлов Pb, Hg, Cr. Отмечается, что у девочек содержание эссенциального элемента Zn приближено к минимальному нормативному значению (124–320 мкг/г).

Для снижения распространения загрязняющих веществ в компонентах природной среды требуется

Таблица 2

Содержание отдельных тяжёлых металлов и мышьяка в воде бассейна р. Силинка на различном расстоянии от второго хвостохранилища Солнечного ГОКа, мг/л

Пробные точки	Т. 1	Т. 2	Т. 3	Т. 4	Т. 5	ПДК*, мг/л
As (общ.)	0,0180±0,0076	0,0240±0,0101	0,0090±0,0038	0,0050±0,0021	0,0050±0,0021	0,05
Cd	0,20	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,005
Co	3,78	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01
Cr (VI)	0,18	0,09	0,19	0,23	0,20	0,02
Cu	166,30	0,11	<0,03	<0,03	<0,03	0,001
Fe (III)	292,90	2,42	0,38	0,20	0,20	0,1 (общее)
Mn	104,79	2,22	0,42	0,28	0,37	0,01
Pb	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,006
Sn	0,0390±0,0133	<0,005	0,0090±0,0031	0,0060±0,0020	0,0110±0,0037	0,112
Zn	51,09	0,46	0,37	0,35	0,31	0,01

* Приказ Минсельхоза России №552 от 13.12.2016 (с изменениями на 13.06.2024 г.) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения».

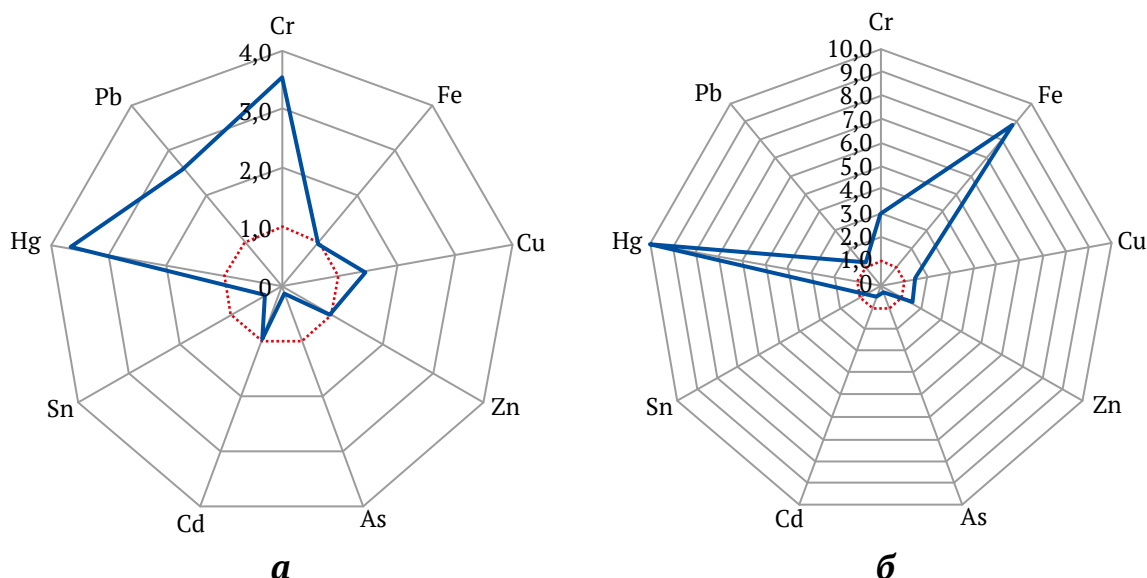


Рис. 3. Элементный состав волос молодого населения пос. Солнечный относительно средних показателей по России: а – девочки; б – мальчики



проведение экологических мероприятий путём внедрения технологических решений, в том числе с учётом современных технологий. Так, за последние 10 лет исследователями Тихоокеанского государственного университета предложено проведение рекультивации или консервации отходов с использованием субстратов из измельченной коры ели, лиственницы и берёзы с добавлением азотного активатора и триходермы⁶. В дальнейшем компоненты субстрата изменялись и добавлялись. Так, в 2015 г. был получен Патент РФ на состав для рекультивации хвостохранилища с использованием фототрофных бактерий⁷. Эффективными показали себя также составы с добавлением биоугля⁸ и отработанного мицелия вешенки⁹. Использование биологических субстратов из отходов других производств подразумевает снижение затрат на приобретение чаще всего применимых для процесса рекультивации плодородных почв. За последние годы в крае после лесозаготовки и переработки

древесины накоплено более миллиона тонн лесопромышленных отходов. Таким образом, рекультивация или консервация поверхности хвостохранилища с их использованием является наиболее актуальной для Хабаровского края. В связи с этим необходимо совершенствование и внедрение предлагаемой технологии, которая способствует снижению затрат на рекультивацию и ликвидацию эрозионных процессов.

Заключение

На основании проведенных исследований и анализа литературных данных отмечается, что второе хвостохранилище Солнечного ГОКа является серьезным источником техногенного загрязнения окружающей среды. Концентрации тяжёлых металлов в почвогрунтах превышают ПДК по Cu, Zn, Pb и Hg в 12,36, 2,73, 9,71 и 1,4 соответственно. Среднее содержание As в почвах превышает нормативные значения в 569,09 раз. В водных объектах максимальные значения по содержанию химических элементов выявлены по Cr, Cu, Fe и Zn. При этом содержание As не превышает нормативных показателей.

Оценка элементного статуса населения горняцкого посёлка Солнечный в возрасте до 14 лет относительно концентрации химических элементов в волосах детей и подростков в зависимости от пола показала превышение содержания Hg, Pb и Cr. Особенностью элементного статуса для девочек в исследуемой группе является пониженное содержание важного эссенциального элемента Zn. Для мальчиков отмечается превышение по концентрации Fe.

Предложены технические решения с целью снижения распространения загрязняющих веществ от хвостохранилищ, в том числе Солнечного ГОКа, с использованием отходов лесоперерабатывающей промышленности.

⁶ Крупская Л.Т., Майорова Л.П., Орлов А.М. и др. Патент РФ 2486733. Способ рекультивации земель, нарушенных токсичными отходами, складированными в хвостохранилище, в условиях муссонного климата. 2013.

⁷ Крупская Л.Т., Кириенко О.А., Майорова Л.П. и др. Патент № 2569582. Способ рекультивации поверхности хвостохранилища, содержащего токсичные отходы, с использованием фототрофных бактерий. 2015.

⁸ Крупская Л.Т., Леоненко Н.А., Голубев Д.А., Леоненко А.В. Патент РФ № 2625469 от 14.07.2017. Состав пылеподавления и рекультивации поверхности хвостохранилища. Заявка № 2016122808 от 08.06.2016.

⁹ Крупская Л.Т., Ищенко Е.А., Голубев Д.А. и др. Патент РФ № 2707030 от 21.11.2019. Состав для снижения пылевой нагрузки на экосферу и рекультивации поверхности хвостохранилища. Заявка № 2019114495 от 13.05.2019.

Список литературы / References

1. Зверева В.П., Фролов К.Р. Оценка влияния техногенных процессов, протекающих на хвостохранилище ЦОФ Комсомольского оловорудного района, на гидросферу в широком интервале температур. *Экологическая химия*. 2016;25(4):217–221.
Zvereva V.P., Frolov K.R. Estimation of action of technogenic processes, proceeding at the CCM Tailing Dump in the Komsomol'sky tin-ore district, on the hydrosphere within a wide temperature range. *Ecological Chemistry*. 2016;25(4):217–221. (In Russ.)
2. Гула К.Е., Крупская Л.Т., Дебенцева А.М. и др. К вопросу оценки хвостохранилища как источника загрязнения природной среды. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009;(S5):234–241.
Gula K.E., Krupskaya L.T., Derbentseva A.M. et al. On the issue of assessing tailings dumps as a source of environmental pollution. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2009;(S5):234–241. (In Russ.)
3. Растанина Н.К., Колобанов К.А. Воздействие техногенного пылевого загрязнения на экосферу и здоровье человека закрытого горного предприятия Приамурья. *Горные науки и технологии*. 2021;6(1):16–22. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-1-16-22>
Rastanina N.K., Kolobanov K.A. Impact of technogenic dust pollution from the closed mining enterprise in the Amur Region on the ecosystem and human health. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2021;6(1):16–22. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-1-16-22>
4. Крупская Л.Т., Зверева В.П., Майорова Л.П. и др. *Эколого-геохимические основы оценки влияния техногенной системы на окружающую среду и ее охрана (на примере закрытого горного предприятия «Солнечный ГОК»)*. Монография. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та; 2019. 260 с.
Krupskaya L.T., Zvereva V.P., Mayorova L.P. et al. *Ecological and geochemical bases for assessing the impact of man-made systems on the environment and their protection (on the example of the Solnechny GOK closed mining enterprise)*. Monograph. Khabarovsk: Pacific State University Publishing House; 2019. 260 p. (In Russ.)



5. Ханчук А.И., Крупская Л.Т., Зверева В.П. Экологические проблемы освоения оловорудного сырья в Приморье и Приамурье. География и природные ресурсы. 2012;(1):62–67. (Перев. вер.: Khanchuk A.I., Krupskaya L.T., Zvereva V.. Ecological problems of development of tin ore resources in Primorie and Priamurie. *Geography and Natural Resources*. 2012;33(1):45–49. <https://doi.org/0.1134/S1875372812010076>)
Khanchuk A.I., Krupskaya L.T., Zvereva V.P. Ecological problems of development of tin ore resources in Primorie and Priamurie. *Geography and Natural Resources*. 2012;33(1):45–49. <https://doi.org/0.1134/S1875372812010076> (Orig. ver.: Khanchuk A.I., Krupskaya L.T., Zvereva V.P. Ecological problems of development of tin ore resources in Primorie and Priamurie. *Geografia i Prirodnye Resursy*. 2012;(1):62–67. (In Russ.))
6. Постникова В.В., Яхонтова Л.К. Минералогия зоны гипергенеза оловорудных месторождений Комсомольского района. Владивосток: ДВНЦ АН СССР; 1984. 122 с.
Postnikova V.V., Yakhontova L.K. *Mineralogy of the hypergenetic zone of tin ore deposits in the Komsomolsk region*. Vladivostok: DVNTS of the USSR Academy of Sciences; 1984. 122 p. (In Russ.)
7. Растанина Н.К., Крупская Л.Т. О роли экологических факторов в изучении здоровья населения горняцких поселков на юге Дальнего Востока. *Экология и промышленность России*. 2008;(12):56–57.
Rastanina N.K., Krupskaya L.T. On the role of environmental factors in the study of the health of the population in mining settlements in the South of the Far East. *Ecology and Industry of Russia*. 2008;(12):56–57. (In Russ.)
8. Байкенова Г.Е., Барановская Н.В., Какабаев А.А. и др. Индикаторные показатели состояния экосистем в элементном составе волос жителей районов Северного Казахстана. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021;332(7):148–158.
Baikenova G.E., Baranovskaya N.V., Kakabaev A.A. et al. Indicators of the state of the ecosystems based on the hair compositions of the Northern Kazakhstan residents. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2021;332(7):148–158. (In Russ.)
9. Афтана Л.И. и др. Элементный статус населения России. Ч. 5: Элементный статус населения Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. Под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. СПб: Медкнига «ЭЛБИ-СПб»; 2014. 543 с.
Aftanas L.I. et al. *The elemental status of the Russian population. Part 5: The elemental composition of the population in the Siberian and Far Eastern federal districts*. Skalny A. V., Kiselyov M. F. (Eds.) St. Petersburg: Medical book “ELBI-SPb”; 2014. 543 p. (In Russ.)
10. Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В. Особенности элементного статуса коренного населения юга Средней Сибири. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2024;32(2):163–171. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-2-163-171>
Pobilat A.E., Kirichuk A.A., Baranova O.V. Features of the elemental status of the indigenous population of the south of Central Siberia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2024;32(2):163–171. (In Russ.) <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-2-163-171>
11. Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В. и др. Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора экологического загрязнения. *АгроЭкоИнфо*. 2023;(6). <https://doi.org/10.51419/202136619>
Pobilat A.E., Kirichuk A.A., Baranova O.V. et al. The study of the elemental status of the population of various industrial areas as an indicator of environmental pollution. *AgroEcoInfo*. 2023;(6). (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/202136619>
12. Растанина Н.К., Галанина И.А., Попадъев И.А. Горно-экологический мониторинг изменения почв в границах влияния оловорудного ГОКа в Приамурье. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки*. 2024;(5):22–26.
Rastanina N.K., Galanina I.A., Popadyev I.A. Mining and environmental monitoring of soil changes within the boundaries of the influence of tin ore mining in the Amur region. *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Natural and Technical Sciences*. 2024;(5):22–26. (In Russ.)

Информация об авторах

Наталья Константиновна Растанина – кандидат биологических наук, доцент высшей школы промышленной инженерии, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0000-0002-0252-6220](https://orcid.org/0000-0002-0252-6220); e-mail n.rastanina@yandex.ru

Дмитрий Андреевич Голубев – кандидат технических наук, доцент высшей школы управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск; ведущий научный сотрудник отдела охраны, защиты леса и лесной экологии, Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0000-0001-9416-2913](https://orcid.org/0000-0001-9416-2913); e-mail poet.golubev@mail.ru

Александр Владимирович Перфильев – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Российская Федерация; ORCID [0000-0002-9331-2710](https://orcid.org/0000-0002-9331-2710); e-mail a.v.perfilev@mail.ru



Павел Леонидович Растанин – студент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0009-0008-6693-2747](https://orcid.org/0009-0008-6693-2747)

Илья Андреевич Попадъёв – студент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация; ORCID [0009-0009-7054-3856](https://orcid.org/0009-0009-7054-3856)

Information about the authors

Natalia K. Rastanina – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Higher School of Industrial Engineering, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0000-0002-0252-6220](https://orcid.org/0000-0002-0252-6220); e-mail n.rastanina@yandex.ru

Dmitry A. Golubev – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor at the Higher School of Natural Resources Management, Pacific State University, Khabarovsk; Leading Researcher at the Department of Forest Protection and Forest Ecology, Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0000-0001-9416-2913](https://orcid.org/0000-0001-9416-2913); e-mail poet.golubev@mail.ru

Alexander V. Perfiliev – Cand. Sci. (Chem.), Senior Researcher, Institute of Chemistry of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation; ORCID [0000-0002-9331-2710](https://orcid.org/0000-0002-9331-2710); e-mail a.v.perfilev@mail.ru

Pavel L. Rastanin – Student, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0009-0008-6693-2747](https://orcid.org/0009-0008-6693-2747)

Илья А. Попадъев – Student, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation; ORCID [0009-0009-7054-3856](https://orcid.org/0009-0009-7054-3856)

Поступила в редакцию 08.11.2024

Поступила после рецензирования 03.12.2024

Принята к публикации 04.12.2024

Received 08.11.2024

Revised 03.12.2024

Accepted 04.12.2024