

Научная статья

Original article

УДК: 504.06:553.46:61(571.63)

doi: 10.55186/2413046X\_2023\_9\_2\_97

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОЖИДАЕМЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
ОСВОЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА  
СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ  
ДАЛЬНЕРЕЧЕНСКОГО РАЙОНА ПРИМОРСКОГО КРАЯ  
PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE EXPECTED IMPACTS FROM  
DEVELOPMENT OF THE TUNGSTEN DEPOSIT ON THE  
ENVIRONMENT AND THE HEALTH OF CHILDREN IN THE  
DALNERECHENSKY DISTRICT OF PRIMORSKY KRAI**



**Латышева Лариса Алексеевна**, н.с. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток e-mail: l.a.lat@mail.ru

**Лозовская Светлана Артемьевна**, к.б.н., в.н.с., Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: lana.prima12@mail.ru

**Степанько Наталия Григорьевна**, к.г.н., доцент, с.н.с. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: sngreg25@mail.ru

**Latysheva Larisa Alekseevna**, researcher, Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: l.a.lat@mail.ru

**Lozovskaya Svetlana Artemievna**, Ph.D., senior researcher Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: lana.prima12@mail.ru

**Stepanko Nataliia Grigorievna**, Ph.D., associate professor, senior researcher  
Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of  
Sciences, Vladivostok, e-mail: sngreg25@mail.ru

**Аннотация.** Дана экологическая оценка состояния природной среды Дальнереченского района и территории предстоящей разработки месторождения вольфрамовых руд по трем интегральным показателям: состояние водных ресурсов, атмосферного воздуха, нарушению и загрязнению земель. Показаны возможные направления воздействия и последствия добычи и переработки вольфрамовых руд на природную среду. Проанализированы статистические данные по заболеваемости детского населения по двум районам Приморского края, где ведутся подобные виды хозяйственной деятельности – Пожарском и Красноармейском муниципальных районах в сравнении с детской заболеваемостью в Дальнереченском районе. Рассмотрены допустимые уровни загрязнения окружающей среды по ряду показателей, влияющих на состояние здоровья детей.

**Abstract.** The an ecological assessment of the state of the natural environment of the Dalnerechensk district and the territory of the upcoming development of the tungsten ore deposit is given according to three integral indicators: the state of water resources, atmospheric air, disturbance and pollution of land. There was show the possible directions of impact and consequences of extraction and processing of tungsten ores on the natural environment. It was presents the statistical data on the morbidity of the child population in two districts of the Primorsky Territory, where similar types of economic activities – Pozharsky and Krasnoarmeysky municipal districts in comparison with the child morbidity in the Dalnernechensk district are analyzed. It was identified the acceptable levels of environmental pollution for a number of indicators affecting the health of children.

**Ключевые слова:** Дальнереченский район, экологическая ситуация, загрязнение, месторождение вольфрама, ожидаемое воздействие, здоровье детей

**Key words:** Dalnerechensky district, environmental situation, pollution, tungsten deposit, expected impact, children's health

### **Введение**

Вольфрам на сегодняшний день является для края одним из ведущих полезных ископаемых. На территории края открыты и разрабатываются в настоящее время два крупных месторождения вольфрамовых руд – Восток-2 (Арминский рудный район) и Лермонтовское (Лермонтовский рудный узел), на долю которых приходится до 55% добываемого в России вольфрама. Сегодня в крае ведется подготовка к освоению месторождений и строительство новых горнодобывающих предприятий в Центрально-Приморском территориально-производственном комплексе, расположенном в восточной части Дальнереченского и на юге Красноармейского муниципальных районов, который охватывает 6 рудных узлов, включающих 11 месторождений и 4 перспективных рудопроявления. Так, Приморский ГОК приобрел на аукционе в 2007 г. лицензию на разведку и добычу вольфрамовых руд месторождения «Скрытое» в Дальнереченском районе. На базе месторождения Скрытого планируется создание горно-обогачительного комбината с добычей и переработкой 1-1,5 млн т руды в год и получением 3-5 тыс. т триоксида вольфрама в концентрате. "Малиновский ГОК" будет предприятием с полным циклом переработки вольфрамовой руды - добыча, предварительное обогащение (сепарация), обогащение (флотация и гравитация) и прокалка вольфрамового концентрата.

Для рассмотрения возможных изменений экологической ситуации в Дальнереченском районе целесообразно проанализировать направления воздействия и последствия добычи и переработки вольфрамовых руд, а также оценить существующую экологическую ситуацию в этом районе.

### **Материалы и методы исследования**

В процессе исследования проводились экспедиционные работы, включающие закладку почвенных разрезов и прикопок. В отобранных образцах почв определяли содержание валовых форм тяжелых металлов [1] и по общепринятым методикам показателей, влияющих на их миграцию (содержание гумуса, рН водной вытяжки, гидролитическая кислотность). Для интерпретации полученных данных нами использовались ОДК валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами и региональные ПДК [2, 3]. Химический состав подземных и поверхностных вод приводится на основании результатов гидрологических работ, проведенных на этапе детальной разведки месторождения [4].

Для оценки экологического состояния всего Дальнереченского района использовали данные центра по контролю за экологической ситуацией края [5]. В процессе работы были собраны и проанализированы статистические данные по детской заболеваемости в трех районах Приморья – Пожарском, Красноармейском и Дальнереченском муниципальных районах.

### **Результаты и обсуждения**

*Дальнереченский район* расположен на западе Приморского края. Он граничит на севере — с Пожарским, на востоке — с Красноармейским муниципальными районами, на юге — с Чугуевским муниципальным округом и Кировским муниципальным районом, а на западе с Китайской народной республикой. Общая площадь района — 7290 км<sup>2</sup>. Численность населения составляет почти 29000 человек, из которых 25000 человек проживают в городе Дальнереченске.

Экологическую обстановку Дальнереченского района определяют природные условия и территориально-хозяйственная структура района.

Большая часть района занята лесами. Свободные от леса зоны находятся по долинам рек, где расположена большая часть населённых

пунктов. Долины рек являются основными сельскохозяйственными территориями. Лес – один из важнейших природных ресурсов региона. На его территории сосредоточены залежи торфа, каменного угля, золота, ильменита, известняка, вольфрама, ведётся добыча строительного сырья.

Климат района резко континентальный умеренный. Зимы холодные, часто снежные (глубина снежного покрова может достигать 70-90 см), средние температуры января около  $-19$   $-22$  °С. Лето жаркое и влажное, с частыми тайфунами и большим количеством осадков. Крупнейшей рекой в районе является приток Амура Уссури. Она служит природной границей с Китаем. Расположен в долинах рек Уссури, Большой Уссурки и Малиновки, которые соединяются в городской черте. Реки используются как источник водоснабжения. Забор воды для нужд населения ведётся с реки Большая Уссурка. Реки имеют дождевое питание. Летом и осенью после ливневых дождей и тайфунов уровень воды резко повышается и происходят паводковые разливы и подъемы рек. В 2020 году формирование и прохождение наиболее значительных по высоте подъема уровней воды паводков наблюдалось в июне, августе – первой половине сентября. Паводки отмечались повсеместно по всей территории края, а в бассейнах рек Уссури, Большая Уссурка, Малиновка, Ореховка они приняли характер больших наводнений (подъем уровня воды до 3м). Подобные явления влияют на качество воды рек района за счет смыва с сельскохозяйственных полей пестицидов и удобрений, а также бытовых стоков с животноводческих ферм и домовых хозяйств.

Основную роль в формировании экологической обстановки играет антропогенный фактор, а более конкретно – функционирующая на исследуемой территории территориально-хозяйственная структура. Ведущее место в экономике района хозяйство и лесозаготовки. Крупнейшим предприятием является ЗАО «ЛесЭкспорт», осуществляющее переработку древесины, производство паркета, шпона, лесозаготовку. Также в

Дальнереченске расположено районное нефтепроводное управление «Дальнереченск», под контролем которого 943,8 км магистрального нефтепровода и 5 нефтеперекачивающих станций с 2-мя резервуарными парками с общим объемом 220 м<sup>3</sup>. Имеется зверопромхоз, ведущий промысел речной рыбы и таёжного зверя. В районе действуют два лесхоза, две компании, заготавливающие и перерабатывающие древесину, разведаны залежи полезных ископаемых, таких как золото, ильменит, родомит, каменный уголь, торф, известняк. Также имеются запасы сырья для производства строительных материалов. Кроме этого разработан проект по созданию нового предприятия по добыче вольфрама на месторождении «Скрытое» в Дальнереченском районе для замещения добычи на иссякающем месторождении Восток-2. Одновременно с добычей вольфрамовых руд планируется создание Малиновского ГОКа.

Все экологические последствия воздействия хозяйственной деятельности логично сводятся к трем интегральным показателям: загрязнению водных ресурсов, атмосферного воздуха, нарушению и загрязнению земель

*Поверхностные воды.* На формирование химического состава речных вод оказывают влияние гидрологические условия, но основную долю составляют сбросы хозяйственных предприятий и ЖКХ. Согласно полученным данным [5] гидрохимические показатели качества воды р. Большая Уссурка в черте с. Рошино ухудшились в 2021 году с категории «загрязненная» до «очень загрязнённая». В створах г. Дальнереченск качество воды осталось на уровне 2019 года - «очень загрязнённая». Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения не зафиксировано. Качество воды р. Малиновка (0,5 км ниже с. Ракитное) ухудшилось в сравнении с прошлым годом с «загрязненная» до «очень загрязнённая». Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения не зафиксировано. Согласно «Аналізу гидрохимического состояния поверхностных вод Приморского

края» реки в пределах Дальнереченского района не вошли в перечень водных объектов, требующих первоочередного осуществления водоохраных мероприятий.

*Подземные воды.* Водоснабжение города Дальнереченска и Дальнереченского района осуществляется из двух галерейных водозаборов подземных вод: Дальнереченского и Вагутонского.

По химическому составу воды весьма пресные, очень мягкие, нейтральные (рН=6,03-6,93). Постоянные наблюдения за качеством подземных вод на водозаборах не проводятся. Последнее по времени исследование подземных вод на Дальнереченском водозаборе выполнено в 2017 г., на Вагутонском водозаборе в 2018 г. Практически во всех точках отбора установлено превышение относительно нормативов по содержанию железа (1,1 ПДК), показателя перманганатной окисляемости (1,2 ПДК), органолептических показателей (цветности и мутности). За период наблюдений концентрации компонентов техногенного происхождения в подземных водах (нефтепродукты, фенолы, АПАВ) не превышали допустимые нормы. Содержание остальных макро- и микрокомпонентов в подземных водах не превышает действующие нормативы и соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01. Оба водозабора расположены в селитебной зоне, поэтому добываемые подземные воды постоянно подвержены бактериологическому загрязнению. Практически весь год микробиологические показатели воды (общее микробное число, термотолерантные колиформные бактерии, общие колиформные бактерии) превышают санитарные нормы. Перед подачей воды в распределительную сеть проводится водоподготовка (фильтрация, аэрирование, хлорирование). После водоподготовки вода соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Санитарное состояние территории размещения водозаборов удовлетворительное. Учитывая современную водохозяйственную обстановку в районе водозаборов, в бассейне р. Уссури,

в дальнейшем качество подземных вод будет сохраняться на прежнем уровне, улучшение микробиологических показателей не ожидается [5].

Основными загрязнителями питьевой воды систем централизованного водоснабжения в 2020 году являлись железо, марганец, трихлорэтилен.

*Почвы.* Оценку загрязнения почв проводили в г. Дальнереченске и на близлежащих территориях. Определялись: общее валовое содержание тяжелых металлов (ТМ), подвижных и водорастворимых форм металлов (свинца, меди, цинка, никеля, кадмия, марганца, ртути), обменных сульфатов, бенз(а)пирена. Загрязняющие вещества в почвы поступают с сухими выпадениями от выбросов промышленных предприятий в атмосферу и с атмосферными осадками. Результаты анализов на валовое (кислоторастворимое) содержание ТМ показывают, что почвы г. Дальнереченска загрязнены свинцом, цинком и марганцем (табл.1).

**Таблица 1. Число случаев, %, превышающих ПДК, ОДК металлов в почве г. Дальнереченск, Приморского края в 2020 г.**

Металл	Зона радиусом, км, от источника	Число проб	Выше ПДК (ОДК), %	Выше 5 ПДК (ОДК), %	Выше 10 ПДК (ОДК), %	Максимальное значение	
						мг/кг	в долях ПДК, ОДК
Свинец	0 - 50 км	30	27,6 ПДК 6,9 ОДК	6,9 ПДК -	3,4 ПДК -	336,1	10,5 ПДК 2,6 ОДК
Медь	" - "	" - "	-	-	-	28,8	0,44 ОДК
Кадмий	" - "	" - "	-	-	-	0,17	0,08 ОДК
Никель	" - "	" - "	-	-	-	29,4	0,74 ОДК
Цинк	" - "	" - "	10,3 ОДК			222,7	1 ОДК
Марганец	" - "	" - "	10,3(ПДК)	-	-	2050,7	1,4 ПДК
Ртуть	" - "	" - "	-	-	-	0,069	0,3 ПДК

Как видно из результатов анализа число случаев превышения нормативов ПДК (ОДК) наблюдается по свинцу, цинку, марганцу. – 10,3 %.

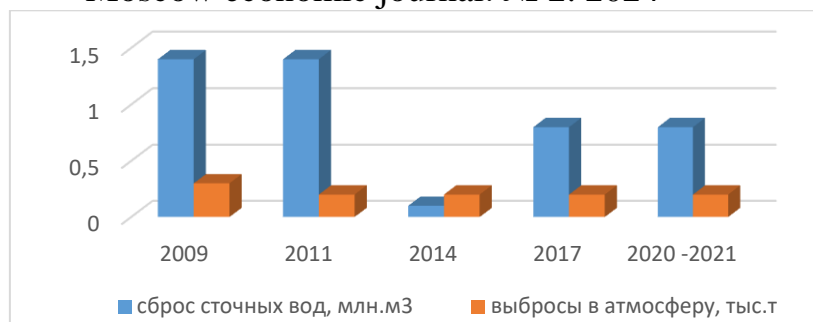


Содержание остальных металлов (меди, кадмия, никеля) не превысило нормативов ПДК и ОДК. Среднее содержание ионов металлов в почве в радиусе 50 км составило по: свинцу- 41,5 мг/кг (1,3ПДК); меди-14,8 мг/кг; кадмия - 0,06 мг/кг; никеля – 16,6 мг/кг; цинка – 96,8 мг/кг; марганца – 939,1 мг/кг, ртути – 0,045 мг/кг.

По индексу загрязнения, рассчитанному по средним содержаниям ТМ, почвы вокруг г. Дальнереченска в радиусе до 50 км относятся к допустимой категории загрязнения. По индексу загрязнения, рассчитанному по максимальным значениям, почвы относятся к опасной категории загрязнения.

Сравнительный анализ среднего содержания ТМ по годам обследования показывает незначительное увеличение содержания свинца в 2020 г. по сравнению с 1988 г. в 1,1 раза. Наблюдается снижение содержания меди в 2,4 раза, цинка в 1,2 раза, никеля 2 раза, марганца в 1,3 раза.

*Атмосферный воздух.* Состояние атмосферного воздуха в период наблюдений характеризовалось как удовлетворительное. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха проводится на основные загрязняющие примеси: взвешенных веществ (пыль), диоксида серы, оксида углерода, диоксида и оксида азота, аммиака, сероводорода, формальдегида, бенз(а)пирена и тяжелых металлов. Установлено, что динамика выбросов в атмосферу и сброса сточных вод, как основных источников загрязнения окружающей среды за последние годы остается стабильной как по объемам, так и по загрязнителям (рис.1).



**Рисунок 1. Динамика основных факторов влияния и формирования экологического состояния Дальнереченского района**

В целом в настоящее время экологическую ситуацию в Дальнереченском районе можно назвать удовлетворительной и благоприятной для жизнедеятельности населения.

В рассматриваемом районе на стадии поисковой разведки выявлены запасы в количестве 21276 тыс. т. вольфрамовой руды, содержащих 95558 т. триоксида вольфрама. Новое предприятия по добыче вольфрама на месторождении Скрытое в Дальнереченском районе Приморского края будет создано для замещения добычи на иссякающем месторождении Восток-2.

Месторождение «Скрытое» расположено в среднем течении р. Малиновка (р. Тудо-Вака), в приустьевой части р. Комсомолки (р. Нангоу). Площадь месторождения (10 км<sup>2</sup>) ограничена: с севера – долиной р. Малиновка; с юга – границей оруденения (2,5 км по простиранию); с запада – верховьями руч. I-ый Скрытый; с востока – долиной кл. Приходькин. Местность рассматриваемого района горно-таежная, сплошь залесенная, интенсивно расчлененным рельефом. Абсолютные отметки достигают 800 м, относительные превышения варьируют в пределах 400-500 м. Склоны гор крутые. Горный рельеф местности оказывает большое влияние на скорость и направление ветра в районе рудного месторождения. На данной территории наибольшую повторяемость в течении года имеют ветры юго-восточного (35%) и южного (20%) направления, а с южной составляющей 65%. Ветры с северной составляющей на станции Малиновка наблюдаются в течении года в 25%. Скорость ветра относительно невысокая и составляет 2.6 м/сек.

Ближайшими населенными пунктами являются села Ариадное и Пожига, расположенные в 15 км от месторождения. Железнодорожная станция Дальнереченск расположена в 145 км, а морской порт Рудная Пристань – в 310 км к востоку от месторождения.

Разработка месторождения будет проводиться открытым способом, что способно привести к значительному изменению компонентов окружающей среды территории. При добыче полезных ископаемых открытым способом формируются отвалы вскрышных пород, нарушаются естественные ландшафты, происходит загрязнение воздуха, поверхностных вод и прилегающих земель. Открытый способ разработки оказывает так же прямое воздействие на горные породы в результате их разрушения и перемещения. Эти породы характеризуются резким преобразованием первичной структуры, изменением состояния и их свойств, при искусственной дезинтеграции, и перемещении во внешние или внутренние отвалы. Прочность перемещенных (отвальных) пород заметно снижается, структурные связи нарушаются. При выемке горных пород снимается естественная нагрузка на нижележащие слои. Выемка каждые 10 м грунта (по мощности) уменьшает давление на подстилающие породы примерно на 0,2 МПа. Снятие нагрузки способствует разуплотнению пород. В подошве и откосах карьера временно обнажаются ранее недоступные для агентов выветривания породы, что приводит к активизации процессов выветривания. Горная выработка становится дренажной для поверхностных вод и нарушает условия поверхностного стока. Помимо этого, под воздействием сооружения и эксплуатации горнодобывающего предприятия, в почвах могут происходить изменения, связанные с химическим загрязнением через атмосферу продуктами пыления и выхлопными газами машин и механизмов, используемых в производстве. В составе отработавших газов в значительных количествах присутствуют тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк), а испарения бензина из системы

питания двигателя при заправке и эксплуатации способствуют загрязнению почв нефтепродуктами.

Для оценки возможных последствий ввода в эксплуатацию месторождения вольфрамовых руд «Скрытое» рассмотрено существующее состояние окружающей природной среды, чувствительность природных комплексов к техногенному воздействию и их функциональная ценность в районе предполагаемого строительства горнодобывающего предприятия.

Почвы являются основной депонирующей средой, интегральным индикатором многолетнего процесса загрязнения всей окружающей среды, куда загрязняющие вещества поступают с выпадениями из атмосферы, сточными водами, промышленными отходами и т.д. Кроме того, загрязненные почвы сами являются источником вторичного загрязнения приземного слоя воздуха, поверхностных и грунтовых вод. Т. о., почвы представляют тройной интерес, как начальное звено пищевой цепи, как источник вторичного загрязнения атмосферы и как интегральный показатель экологического состояния окружающей среды. Руды месторождения характеризуются как шеелит карбонатные и шеелит-кварц амфиболитовые. По химическому составу шеелит-кварц амфиболитовые руды выделяются, главным образом, более высоким содержанием оксидов титана, глинозема, железа, натрия, калия и серы. Среди попутных элементов в рудах месторождения «Скрытое» из высоко опасных химических веществ присутствуют мышьяк, кадмий, цинк и фтор, из умеренно опасных – медь, хром, кобальт, из малоопасных вольфрам, марганец.

*Почвы.* Обследованные почвы участков под строительство горно-обогатительного комбината формируются в условиях близкой к нейтральной реакции среды и характеризуются суглинисто-глинистым составом. Поэтому при интерпретации полученных данных нами использовались ОДК тяжелых металлов и As, установленных для близких к нейтральным суглинистым и глинистым почвам с  $pH > 5,5$  (ОДК 10 мг/кг) [2]. В качестве фонового

содержания использовались откорректированные региональные величины кларков микроэлементов для почв Приморья [3]

Исследование химического состава почв месторождения «Скрытое» показало высокий уровень аккумуляции в них As, так как с рудами месторождения связан минерал арсенопирит, являющийся основным его носителем. Выявлено превышение ОДК по мышьяку во всех пробах от 1,7 до 6,4 раз (рис.2). Особенностью As является высокая подвижность и активная миграция в природных обстановках. При разрушении коренных пород мышьяк способен мигрировать вверх по профилю в виде анионных комплексов  $H_2AsO_4$  и  $HAsO_4^{2-}$ . Содержание остальных тяжелых металлов не превышает установленных нормативов ОДК и ПДК в почвах с различными физико-химическими свойствами.

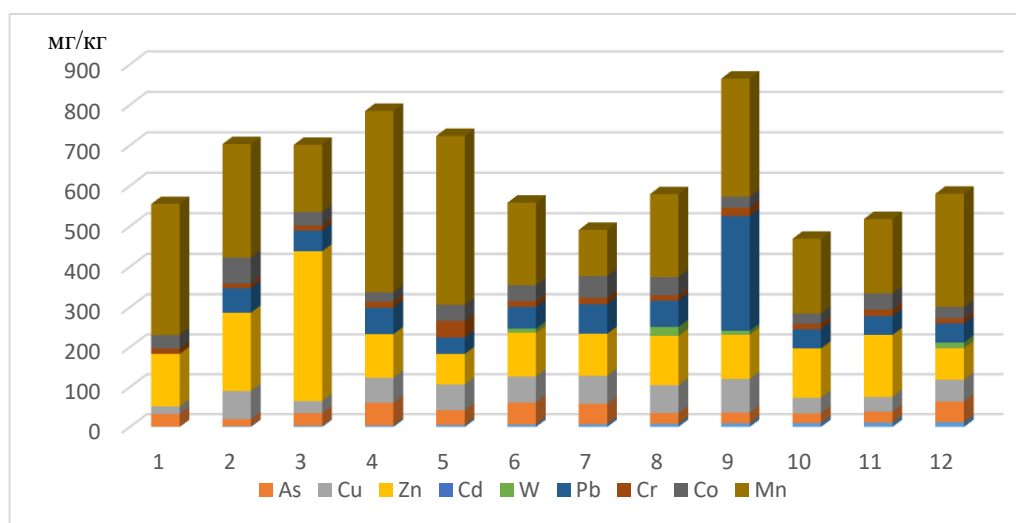


Рисунок 2. Валовое содержание (мг/кг) тяжелых металлов и мышьяка в природных почвах месторождения вольфрамовых руд «Скрытое»

Хотя содержание остальных ТМ во всех исследованных пробах не превышает установленных ОДК, в большинстве случаев оно значительно выше фоновых показателей. Подсчет коэффициентов концентрации (Кс) элементов в почвах месторождения свидетельствует о повышенном по сравнению с региональными фоновыми значениями (откорректированными

региональными кларками) [3] содержания мышьяка, свинца, цинка, кобальта и меди (таб.2). Согласно имеющимся рекомендациям [6] коэффициент концентрации элемента более 1,5-2 отражает критический уровень его накопления.

**Таблица 2. Коэффициенты концентрации тяжелых металлов (Кс) в почвах месторождения вольфрамовых руд**

№ точки отбора	1 класс опасности				2 класс опасности			3 класс опасности	
	As	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	Co	Mn	W
1	5,7	1,8		1,8	0,9	0,2	1,5	0,2	
2	3,2	2,8		1,9	3,5	0,2	2,9	0,2	
3	5,7	5,3	0,48	1,6	1,5	0,2	1,1	0,1	
4	10,3	1,6		2,1	3,1	0,2	1,1	0,3	
5	6,7	1,1	0,25	1,3	3,2	0,6	1,6	0,3	
6	10,1	1,6	0,65	1,7	3,3	0,2	1,8	0,1	4,3
7	9,3	1,5		2,3	3,5	0,2	2,4	0,1	
8	4,9	1,8		2,0	3,5	0,2	2,0	0,1	9,9
9	4,8	1,6	0,42	8,9	4,2	0,3	1,2	0,2	4,0
10	4,4	1,8		1,5	2,0	0,2	1,2	0,1	
11	4,9	2,2		1,5	1,8	0,3	1,8	0,1	
12	9,4	1,1	0,31	1,5	2,7	0,2	1,3	0,2	5,86

При формировании отвалов и ведении горных работ на дневную поверхность будут вынесены отложения, представленные хаотичной смесью литологических разностей, которые по своему химическому составу и физическим свойствам отличны от верхних почвообразующих горизонтов. Следует учитывать и то обстоятельство, что прочность перемещенных (отвальных) пород заметно снижается, структурные связи нарушаются за счет усиления процессов выветривания, что может способствовать высвобождению ряда опасных в экологическом отношении элементов и рост их концентраций в поверхностном почвенном горизонте. Помимо этого,

следует учесть, что загрязнение почвенного покрова может носить опосредованный характер, прежде всего через выбросы в атмосферу. Основной вклад в пылеобразование вносят технологические процессы – добычные работы, погрузка, перевалка и транспортировка вскрышных и вмещающих пород, а также руды. Исходя из химического состава рудного тела месторождения и коэффициентов концентрации тяжелых металлов в исследованных почвах, можно прогнозировать, что наибольшую опасность для экосистемы в границах влияния горнорудного предприятия представляют: Zn, Pb, Cu, Co, W и As.

*Подземные воды.* Согласно полученным результатам подземные воды района предполагаемой добычи вольфрамовой руды по органолептическим показателям (запах, цветность, мутность, взвешенные вещества) имеет допустимые характеристики. Величина рН воды около 8 свидетельствует об антропогенном влиянии (защелачивании). По ионному составу они являются гидрокарбонатными магниево-кальциевыми. Анализ химического состава подземных вод выявил повышенные концентрации в них нефтепродуктов (до 8,5 ПДК), железа (до 2,6 ПДК), фенолов (до 11 ПДК), мышьяка (до 2,8 ПДК). Воздействие на подземные воды будет проявляться в основном в их химическом загрязнении. Главный предполагаемый источник поллютантов – промышленные сточные воды горнообогатительного комбината.

*Поверхностные воды.* Основными водотоками территории обследования являются реки Малиновка и Комсомолка, а также ручей Скрытый-1. Реки месторождения типично горные. Для режима рек характерно два паводковых периода: весенний – в период таяния снега, и летний – при прохождении ливней. Наиболее высокие и интенсивные паводки наблюдаются в июле-августе. Ледостав на реках в районе месторождения обычно устойчив и продолжается с декабря по март. Ледохода на реках не наблюдается.

Поверхностные воды по химическому составу преимущественно гидрокарбонатные кальциевые. По большинству показателей природные воды соответствуют требованиям для хозяйственно-питьевых и рыбохозяйственных водоемов. Исключение составляют железо (2,2 – 5,3 ПДК) и алюминий (2 – 3,5 ПДК), превышение содержания которых зафиксировано по всем имеющимся пробам. Кроме этого, зафиксировано превышение норм ПДК по цинку (1,4 ПДК) и вольфраму (6,2 ПДК) – в пробах воды р. Комсомолка, а также по марганцу (2,5 ПДК) и меди (1,6 ПДК) – в руч. Скрытый-1. Преимущественный гидрокарбонатный состав природных вод определяет распространение гидрокарбонатных комплексов с металлами. В слабощелочных водах карбонатные комплексы являются основной формой миграции марганца, железа (II), меди, цинка и свинца.

**После ввода в эксплуатацию горнодобывающего предприятия из основных факторов, способных оказать наиболее существенное** влияние на качественный состав поверхностных вод, можно выделить образующиеся при функционировании предприятия сточные воды: дренажные карьерные воды; поверхностные сточные воды с отвалов вскрышных пород. Поступление загрязняющих веществ в сточные воды будет обусловлено как производственными процессами, так и процессами разложения и гидролиза вскрышных, вмещающих и отвальных пород, а также поступлением загрязнителей с подземными водами. Основными загрязнителями сточных вод будут являться: взвешенные вещества, железо, алюминий, мышьяк, фенолы, нефтепродукты и БПК. При повышении содержания тяжелых металлов в водных экосистемах увеличиваются их концентрации в органах и тканях рыб, создавая угрозу здоровью населения.

В качестве источника формирования компонентного состава стоков будут выступать горные породы (в том числе и в переотложенном состоянии). Они поставляют в воду преобладающее количество ионов и катионов. Однако разные по литологическому составу породы неоднозначны



по набору и характеру анионов и катионов, поступающих в воду. Практически повсеместно на месторождении коренные породы перекрыты с поверхности четвертичными отложениями (аллювиальными – в поймах рек и деллювиальными – по склоновым и водораздельным поверхностям), представленными глинами, суглинками и песками. В таблице приведена характеристика четвертичных отложений, как источника компонентов загрязнения вод в системе вода–порода. Можно предположить, что при взаимодействии вода–порода, в воду будут поступать такие компоненты как  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$ .

Таблица 3. **Источники поступления элементов в воды**

Характеристика пород			Компоненты в водах
Терригенные	песчаные	Са-алюмосиликатные	Ca; $\text{HCO}_3$
		Na-алюмосиликатные	Na; $\text{HCO}_3$
		с сульфидами	Ca; Na; $\text{HCO}_3$ ; $\text{SO}_4$
	глинистые	с ионно-солевым комплексом	Na; Cl
		с ионно-обменным комплексом	Na; Ca; Mg

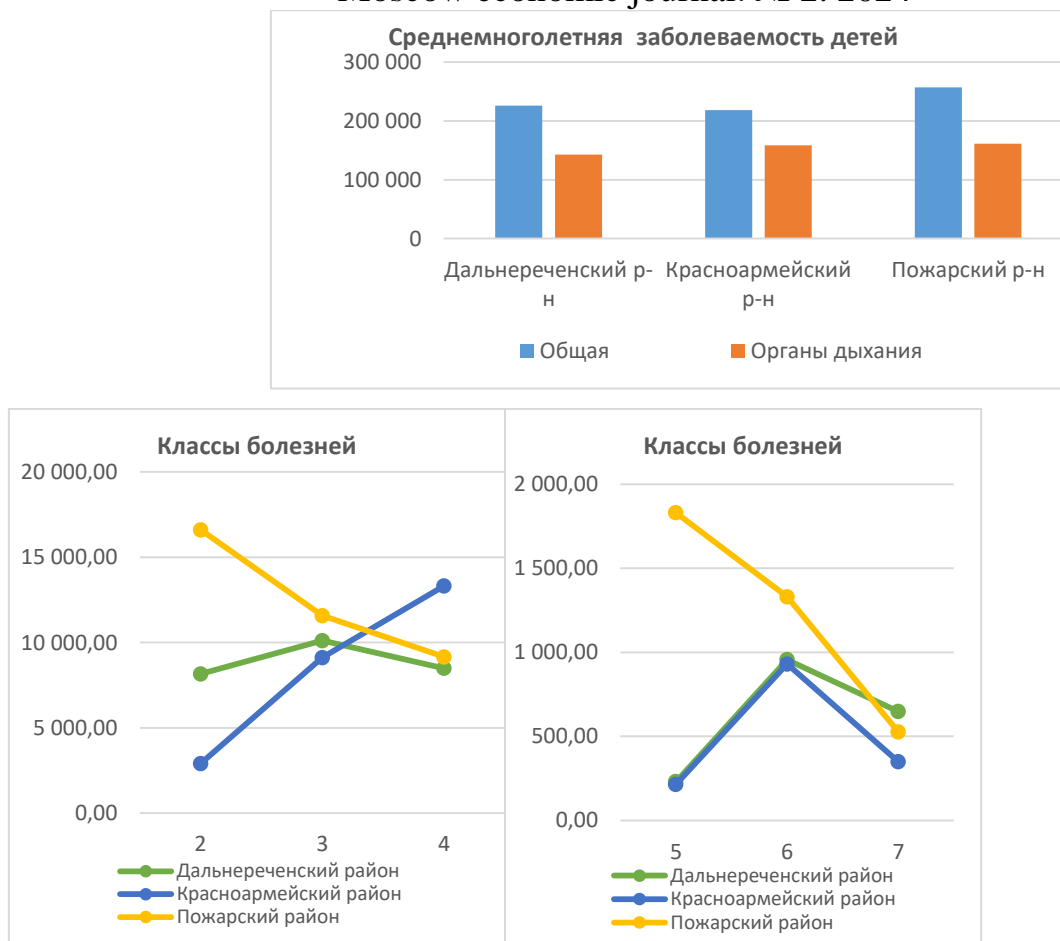
*Атмосферный воздух.* Исследования в области влияния добычи и переработки вольфрамовых руд на природные компоненты показали, что загрязнение воздушного бассейна является одной из самых актуальных проблем. Состав карьерного воздуха складывается из поземных газов, а также газов от двигателей внутреннего сгорания и пыли (пылеобразование при взрывных работах, технологических процессах, погрузке горной массы) и др. Основными веществами, выбрасываемыми в атмосферу при разработке месторождения «Скрытое», будут являться: пыль неорганическая (70-20%  $\text{SiO}_2$ ), оксид азота, сажа, диоксид серы, триоксид вольфрама, диоксид азота, оксид углерода и керосин. При производстве буровзрывных работ в атмосферный воздух выделяются следующие компоненты: пыль неорганическая (70÷20%  $\text{SiO}_2$ ), триоксид вольфрама, окислы азота и оксид

углерода. В результате работы машин и механизмов выделяются окись углерода, окислы азота, сернистый ангидрид, углеводороды и сажа.

Одним из наиболее чувствительных показателей, отражающих изменения качества окружающей среды является состояние здоровья детей как индикатор допустимых уровней загрязнения окружающей среды. [7].

Оценка уровня здоровья детского населения (от 0 до 17 лет) трех районов Приморского края с действующими и планируемыми горно-обогатительными комбинатами–производителями вольфрамового концентрата, показала, что наиболее высокая среднемноголетняя общая заболеваемость детей отмечена в Пожарском районе (рис. 1.) Здесь недавно был закрыт "Лермонтовский горно-обогатительный комбинат" в поселке «Светлогорье», занимавшийся добычей и переработкой вольфрама на протяжении многих лет и негативно повлиявший на экологию района. Более низкий уровень общей заболеваемости отмечен в Красноармейском районе, где продолжает работать комбинат по добыче и переработке вольфрама в поселке Восток и в Дальнереченском районе, где разработан проект по созданию нового предприятия по добыче вольфрама - Малиновского ГОКа.

Анализ среднемноголетней (2017-2021гг.) заболеваемости детей в рассматриваемых районах по отдельным классам болезней (рис.1, А, Б) показал, что на первом месте во всех трех районах, с большим отрывом от других заболеваний, находятся болезни органов дыхания (более 50% от общей заболеваемости). На втором месте – болезни нервной системы. Причем, самые высокие показатели отмечены в Пожарском районе. На третьем- болезни кожи и подкожной клетчатки, на четвертом – органов пищеварения, на пятом – болезни системы кровообращения, шестом– эндокринной системы. Наиболее высокие показатели по этим заболеваниям отмечены также в Пожарском районе. По уровням онкологических заболеваний различия между районами незначительны (рис.3).



**Рисунок 3. Среднегодовая (2017-2021 гг.) заболеваемость детей (0-17 лет) в трех районах Приморского края, в которых расположены месторождения вольфрамовых руд**

А, Б: 2 - болезни нервной системы; 3 – болезни кожи и подкожной клетчатки; 4 – болезни органов пищеварения; 5 – болезни системы кровообращения; 6 – болезни эндокринной системы; 7 – онкология.

Полученные данные дают основания предположить, что обнаруженные различия в состоянии здоровья детей трех изученных районов, связаны с особенностями экологической ситуации в них [8].

Оценки повышенных рисков возникновения заболеваний органов дыхания, болезней нервной системы, кожи, систем кровообращения и эндокринной у детей позволяют отнести экологическое состояние Пожарского района к экологически неблагоприятному. Следовательно, есть

основания предполагать, что на его территории длительное время действовал специфический фактор (горно-обогатительный комбинат), влияющий на экологию района [8].

Экологическая обстановка в Дальнереченском районе (где строительство Малиновского горнорудного предприятия только планируется) связана с более низким уровнем заболеваемости детей и меньшей частотой встречаемости у них функциональных отклонений. Суммарный коэффициент загрязнения среды здесь показывает допустимое природное состояние основных компонентов экосистемы. Уровень среднегодовалой заболеваемости детей Красноармейского района занимает среди районов промежуточное положение. Более точные характеристики экологического состояния среды требуют дополнительных исследований, включая сравнительные данные по техногенному загрязнению окружающей среды на территории трех районов. Возможный риск здоровью населения в связи с прогнозируемым загрязнением окружающей среды выбросами будущего Малиновского горнорудного предприятия представлен в таблице (таб.4)

**Таблица 4. Зависимость «выброс - ответ» для химических и нехимических веществ, при возможных нарушениях экосистемы в границах влияния на окружающую среду Малиновского горнорудного предприятия**

<b>Основные вещества</b>	<b>Эффект воздействия на здоровье человека</b>
Свинец	Концентрация свинца в крови плода, детей, мужчин, женщин; снижение интеллекта у детей; неонатальная смертность; гипертензии; заболевания коронарных сосудов сердца; инсульт; репродуктивная система, развитие, гормональная система, почки, ЦНС, канцерогенное действие
Цинк	Органы дыхания, иммунная система, (сенсibilизация), кровь, сердечно-сосудистая система, нервная система, гормональная система
Медь	Органы дыхания, системные нарушения (масса тела), ЖКС, ,печень, почки,
Кобальт	Органы дыхания, канцерогенное действие, острое поражение капилляров, кровь
Вольфрам	Органы дыхания, канцерогенное действие

Мышьяк	Центральная нервная система, кожа, периферийная нервная система, периферийная сосудистая система, репродуктивная система, развитие, канцерогенное и общетоксическое действие, органы дыхания, иммунная система гормональная система, ЖКТ
Хром	Органы дыхания, печень, почки, селезенка, слизистые, иммунная система, ЖКС, канцерогенное действие
Магний	Центральная нервная система
Кадмий	Органы дыхания, гормональная система, почки, канцерогенное действие, нефропатия, смертность от заболеваний почек
Взвешенные вещества	Общая смертность, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, смертность от заболеваний органов дыхания, бронхиты, верхние отделы дыхательных путей, нижние отделы дыхательных путей, кашель, респираторные заболевания, бронхиальная астма
Железо	Органы дыхания, слизистые, кожа, кровь, иммунная система
Алюминий	Органы дыхания, ЦНС, костно-мышечная система, репродуктивные функции
Серная кислота	Органы дыхания
Нефть и нефтепродукты	Выделительная система (Почки)
Кремний диоксид	Органы дыхания, иммунная система
Фенолы	Органы дыхания, глаза, ССС,., почки, ЦНС, печень, ЖКТ
Сажа	Органы дыхания; системные заболевания, зубы, канцерогенное действие

При оценке уровня риска для здоровья населения, обусловленного возможным поступлением и воздействием на организм человека различных ингредиентов техногенных выбросов (Таблица) будущего предприятия в окружающую среду в количествах, превышающих Референтные дозы [9], необходимо отметить, что многие из них могут поражать органы дыхания, ЦНС иммунную и кровеносную системы, обладать общетоксическим и канцерогенным действием [10]. Кроме того, смесь этих веществ, поступающих при разработке месторождения в почву, воду и воздух, может оказывать в сумме кумулятивное воздействие, усиливая влияние токсических веществ на организм.

Таким образом, загрязнение окружающей среды оказывает неблагоприятное влияние на здоровье детей в виде изменения уровней общей заболеваемости и определенных классов болезней. Наибольшее изменение состояния здоровья наблюдается у детей, проживающих в Пожарском

районе. Здесь отмечена неблагоприятная экологическая обстановка. Наблюдаемые изменения показателей заболеваемости детей являются результатом выраженного воздействия загрязнения окружающей среды на адаптационные реакции, сопровождающиеся прежде всего снижением резистентности организма детей к патогенным факторам и увеличению заболеваемости [8].

### **Выводы**

1. В настоящее время экологическую ситуацию в Дальнереченском районе можно назвать удовлетворительной и благоприятной для жизнедеятельности населения.

2. Исследование химического состава почв месторождения “Скрытое” показало высокий уровень аккумуляции в них As (от 1,7 до 6,4 ОДК).

3. В процессе разработки месторождения и формирования техногенных ландшафтов активизируются процессы выветривания, и существует опасность загрязнения почв территории и воздуха элементами с высокими коэффициентами концентрации в почве (Zn, Pb, Cu, Co, W и As).

4. Во всех обследованных поверхностных водах установлено превышение содержания железа (2,2 – 5,3 ПДК) и алюминия (2 – 3,5 ПДК). В пробах воды р. Комсомолка зафиксировано так же превышение норм ПДК по цинку (1,4 ПДК) и вольфраму (6,2 ПДК), а также по марганцу (2,5 ПДК) и меди (1,6 ПДК) – в руч. Скрытый-1.

5. В подземных водах выявлены повышенные концентрации нефтепродуктов (до 8,5 ПДК), железа (до 2,6 ПДК), фенолов (до 11 ПДК), мышьяка (до 2,8 ПДК).

6. Изучение состояния здоровья детей как индикатора допустимых уровней загрязнения окружающей среды в трех обследованных районах края показало, что загрязнение окружающей среды оказывает неблагоприятное влияние на здоровье детей в виде изменения уровней общей заболеваемости и определенных классов болезней.

7. После ввода в эксплуатацию планируемого горнодобывающего предприятия по добыче и переработке вольфрамовой руды в окружающую среду возможен выброс загрязняющих техногенных отходов производства, веществ, которые могут представлять опасность для здоровья населения, оказавшихся в границах влияния комбината.

#### Список источников

1. РД 52.18.595-96. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды.
2. ГН **2.1.7.020-94** «Ориентировочно допустимых количеств (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91)». М: Госсанэпиднадзор России, 1995. – 7 с.
3. Голов В.И., Экологические и агрохимические основы производства и применения минеральных удобрений из местного агросырья на почвах Дальнего Востока / В.И. Голов, С.А. Тимофеев // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. – 2006. – № 3(39). – С. 110–124.
4. Промежуточный отчет по результатам гидрогеологических работ, проведенных в рамках 1 этапа детальной разведки Скрытого вольфрамового месторождения. пос. Восток. – 2008 г.
5. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2020 году. Владивосток. 2021. – 269 с.
6. Водяницкий, Ю. Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 1276-1280.
7. Вельтищев Ю.Е. Экология и здоровье детей. Химическая экопатология / Ю. Е. Вельтищев, В. В. Фокеева; Моск. НИИ педиатрии и дет. хирургии. - Москва: Б. и. – 1996. – 57 с.

8. Иванова О.А. Экологические последствия добычи вольфрамовых руд (на примере Закаменского района Республики Бурятии) / О.А. Иванова, Т.С. Куклина // Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2016. – № 3 (56). – С. 95-101.
9. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004. – 143 с.
10. Янкович Е. П. Оценка индивидуального канцерогенного риска для здоровья населения Томска по данным геохимического состава пылеаэрозольных выпадений / Е. П. Янкович, Н. А. Осипова, Е. Г. Языков, А. В. Таловская // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2011. – № 5. – С. 67-74.

#### Reference

1. RD 52.18.595-96. Federal'nyj perechen` metodik vy`polneniya izmerenij, dopushhenny`x k primeneniyu pri vy`polnenii rabot v oblasti monitoringa zagryazneniya okruzhayushhej prirodnoj sredy`. 2. GN 2.1.7.020-94. «Orientirovochno dopustimy`x kolicestv (ODK) tyazhely`x metallov i my`sh`yaka v pochvax (dopolnenie № 1 k perechnyu PDK i ODK № 6229-91)». М: Gossane`pidnadzor Rossii, 1995. – 7 s.
3. Golov V. I., Timofeev A.N. EHkologicheskie i agrohimicheskie osnovy proizvodstva i primeneniya mineral'nyh udobrenij iz mestnogo agrosyr'ya na pochvah Dal'nego Vostoka. Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. EHkonomika i upravlenie. 2006;(3):110-124. (InRuss.).
4. Promezhutochny`j otchet po rezul`tatam gidrogeologicheskix rabot, provedenny`x v ramkax 1 e`tapa detal`noj razvedki Skry`togo vol`framovogo mestorozhdeniya. pos. Vostok, 2008 g.
5. Doklad ob e`kologicheskoy situacii v Primorskom krae v 2020 godu. Vladivostok. – 2021. – 269 s.



6. Vodyanitskii, Y. N. Equations for assessing the total contamination of soils with heavy metals and metalloids / Y. N. Vodyanitskii // Eurasian Soil Science. – 2010. – Vol. 43, No. 10. – P. 1184-1188.
7. Vel'tishhev Yu.E, Fokeeva V.V. E`kologiya i zdorov`e detej. Ximicheskaya e`kopatologiya / Yu. E. Vel'tishhev, V. V. Fokeeva; Mosk. NII pediatrii i det. xirurgii. – Moskva: B. i., – 1996. – 57 s.
8. Ivanova O, Kukluina T. Environmental impacts of tungsten ore mining (on example of Zakamensky region of Buryatia) // Proceedings of the Siberian Branch of the Section Geosciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits. 2016. – No. 3:56. – P. 95-101.
9. Rukovodstvo po ocenke riska dlya zdorov`ya naseleniya pri vozdejstvii ximicheskix veshhestv, zagryaznyayushhix okruzhayushhuyu sredu. — M: Federal'ny`j centr gossane`pidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 s.
10. Yankovich E. Estimation of individual carcinogenic risk for people's health in Tomsk, based on geochemical analysis of dust-aerosol falls / E. P. Yankovich, N. A. Osipova, E. G. Yazikov, A. V. Talovskaya // Proceeding of Higher education establishments. Geology and exploration. – 2011. – No. 5. – P. 67-74.

© Латышева Л.А., Лозовская С.А., Степанько Н.Г., 2024. Московский экономический журнал, 2024, № 2.