Природно-экологическое состояние района карт-накопителей комбината «Тувакобальт» (Центральная Тува)

Кальная О.И., Аюнова О.Д.

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук, Кызыл, Россия, tikopr@mail.ru

Гуркова Е.А.

Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, sollygeohennet@mail.ru

Копылова Ю.Г., Хвашевская А.А.

Проблемная научно-исследовательская лаборатория гидрогеохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета, Томск, Россия, unpc_voda@mail.ru

АННОТАЦИЯ: в статье рассматривается экологическое состояние компонентов природной среды в районе комбината «Тувакобальт», работавшего на базе Ховуаксинского арсенидно-кобальтового месторождения (Центральная Тува). В ходе эксплуатации месторождения были созданы карты-отстойники (хвостохранилища), где размещались отходы горно-обогатительного комбината, представляющие собой хвосты тонко измельченной переработанной руды. В результате неполного извлечения из руд полезных компонентов в хвостохранилищах скопились тяжелые металлы и мышьяк, которые при взаимодействии с водой способны образовывать токсичные соединения. С целью выяснения степени загрязнения природной среды в районе карт-накопителей было проведено исследование и опробование поверхностных и подземных вод, почв и растительного покрова. Результаты работ изложены в настоящей статье.

The natural and ecological state of the district of the card storage units of the Tuvacobalt plant (Central Tuva)

Kalnaya O.I., Ayunova O.D.

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, Russia, tikopr@mail.ru

Gurkova E.A.

Institute of Soil Sciences and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia, sollygeohennet@mail.ru

Kopylova Yu.G., Khvashchevskaya A.A.

Problem Research Laboratory of Hydrogeochemistry of the National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, unpc_voda@mail.ru

ABSTRACT: the article considers the ecological state of the components of the environment in the area of the Tuvacobalt plant, which worked on the basis of the Hovuaksynsky cobalt arsenide deposit (Central Tuva). During the operation of the deposit, sediment maps (tailing ponds) were created where waste from the mining and processing enterprise was located, which represented the tailings of finely detailed processed ore. As a result of incomplete extraction of useful components from ores, heavy metals and arsenic have accumulated in the tailings, which, when interacting with water, are capable of forming toxic compounds. In order to find out the degree of environmental pollution in the area of storage cards, a survey and testing of surface and underground waters, soils and vegetation cover was carried out. The results of the work are presented in this article.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема захоронения в отходах цветных металлов и мышьяка в результате работы ГОКов до сих пор остается сложной. Это относится и к последствиям деятельности горно-обогатительного комбината (ГОКа) «Тувакобальт», который работал на базе Хову-Аксынського арсенидно-кобальтового месторождения с 1970 по 1991 год с выпуском кобальт-никель-медного концентрата. Отходы комбината, представля-

ющие собой хвосты тонко измельченной переработанной руды, размещались в хвостохранилищах (картах-отстойниках). Последние расположены в левом борту лога Хову-Аксы, впадающего в долину реки Элегест. В результате неполного извлечения из руд полезных компонентов в хвостохранилищах скопилось около 1,7 млн. м³ шлама с промышленными концентрациями и запасами кобальта (0,1%, 2 тыс. т), никеля (0,1%, 2 тыс. т), меди (0,1%, 2 тыс. т),

сурьмы (0,015%, 0,2 т), серебра (60 г/т, 100 т) и не менее чем 75 тыс. т мышьяка при среднем содержании 3,3% [4]. Особенностью отходов обогащения, содержащих химические соединения вышеперечисленных элементов, является их интенсивная окисляемость под воздействием атмосферных факторов с образованием водорастворимых арсенатов и минералов трехвалентного мышьяка [5]. В настоящее время из пяти существующих карт-накопителей рекультивированы только две, остальные карты открыты и подвергаются интенсивной ветровой эрозии, что приводит к загрязнению тяжелыми металлами и мышьяком почв и растительного покрова в районе хвостохранилищ. Изоляционный материал, выстилающий днища карт-отстойников, значительно поврежден. Дождевые и талые воды, взаимодействуя со складированными отходами комбината, образуют водорастворимые токсичные соединения, содержащие мышьяк и тяжелые металлы, что может послужить источником загрязнения подземных вод, которые, в свою очередь, разгружаются в р. Элегест.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследования приурочен к отрогам хр. Восточный Танну-Ола, к левобережью реки Элегест (Центральная Тува). Карты-накопители расположены по левому борту небольшой Элегест-Унгешской впадины, наклоненной к долине Элегеста.

Изучение почвенного покрова проведено в 2017 г. на площади 30 км², на различной удаленности от карт захоронения отходов. Отобрана 51 проба с поверхности карт, с прилегающей площади и с фоновой территории. Взяты пробы с поверхности (0-10 см) открытых карт и в интервале глубин 0-10 см, 10-20 см – с рекультивированных карт. На прилегающей территории пробы отобраны из поверхностного горизонта (0-10 см) почв на расстоянии от 30 м до 2,5 км от карт отходов. В соответствии с общепринятыми методами в пробах определено содержание органического углерода, фракции физической глины, рН. Методами рентгенфлуоресцентного анализа и атомно-абсорбционной спектроскопии определены валовые концентрации и подвижные формы никеля, меди, кобальта и кадмия. Валовое количество мышьяка определено методом ААС, в части проб – фотометрическим методом. Такой выбор элементов обусловлен вхождением их в состав руды Хову-Аксинского месторождения. Оценка загрязнения металлами и мышьяком в почвах проведена в сравнении с кларками элементов в почвах по Виноградову [1], фоновыми концен-

трациями, данными о региональном содержании в почвах и почвообразующих породах.

Изучение растительного покрова проводилось в 2018 г., было заложено 24 точки опробования на пяти участках. Произведены геоботанические описания растительности, отбор проб надземной и подземной частей растений на содержание тяжелых металлов. Всего отобрано 50 проб надземной части растений, 50 – подземной части (корни и корневища). Отбор проб растений производился в соответствии с требованиями к отбору проб при общих и локальных загрязнениях, изложенных в [6, 8]. Определение содержания тяжелых металлов в растительных образцах проводилось в растворе золы после минерализации растительного материала атомно-абсорбционным спектрофотометром СПЕКОЛ-11 (в лаборатории ФГУ Государственной станции агрохимической службы «Тувинская»). Фоновое содержание тяжелых металлов в растениях рассчитано на воздушно-сухую массу.

Изучение поверхностных вод. С целью выяснения фонового гидрохимического состояния поверхностных водотоков, а также количественных показателей миграции мышьяка и тяжелых металлов в поверхностные воды в районе исследований река Элегест была опробована в 2017 г. и 2018 г. в соответствии с требованиями [3].

Пробы воды, отобранные в 2017 г., анализировались в секторе физико-химических исследований ТувИКОПР СО РАН, определялись макрокомпоненты (анионы, катионы), общая жесткость, минерализация, водородный показатель рН, азотсодержащие компоненты (аммоний-ион, нитраты, нитриты). В 2018 г. анализ воды проводился в Проблемной научно-исследовательской лаборатории Томского политехнического университета (аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.511901 от 09.09.2013 г.). Определялись растворенный кислород, рН водной среды, общая жесткость, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, двуокись углерода, карбонат-ион, гидрокарбонат-ион, сульфат-ион, хлорид-ион, кальций, магний, натрий, калий, железо общее, минерализация, тяжелые металлы (хром, марганец, кобальт, никель, медь, цинк, кадмий, свинец), мышьяк, ртуть, окисляемость перманганатная, нефтепродукты, фенолы, АПАВ, взвешенные вещества. Полученные результаты сравнивались с требованиями, предъявляемыми к рыбохозяйственным водоемам [7]. *Изучение подземных вод* в районе хвостохранилищ комбината «Тувакобальт» проводилось дважды за период исследований - в январе и в июне 2018 г. Всего отобрано 16 проб воды из

скважин, пробуренных в поселке Сайлыг для целей водоснабжения населения, и из открытого колодца. Поселок расположен ниже хвостохранилищ по рельефу, в устьевой части лога, впадающего в долину р. Элегест. Кроме этого, были отобраны фоновые пробы из абиссинского колодца в частном доме, расположенном по правому берегу р. Элегест, вне влияния картнакопителей комбината. Химический анализ водных проб проводился в Аналитической лаборатории ООО «Тувинская ГРЭ» (аттестат аккредитации № ААС.А.00164, действителен до 25.07.2022 г.) и в Проблемной научно-исследовательской лаборатории Томского политехнического университета, г. Томск (аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.511901 от 09.09.2013 г.). В пробах воды определялись органолептические показатели (вкус, цвет, запах, мутность), основные катионы и анионы, в том числе азотсодержащие компоненты (аммоний-ион, нитраты, нитриты), углекислота свободная, жёсткость общая, карбонатная и некарбонатная, двуокись кремния, водородный показатель pH, минерализация, тяжелые металлы (цинк, медь, свинец, кадмий, никель, марганец, кобальт) и мышьяк, нефтепродукты, фенолы, Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), взвешенные вещества. Полученные результаты анализировались в соответствии с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [2, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования почвенного покрова. На основании полученных данных рассчитаны коэффициенты концентрации никеля и мышьяка, как наиболее полно охарактеризованных выборкой почвенных проб, по соотношению фактического и фонового содержания. Максимальные значения данных коэффициентов тяготеют к картам отходов и территории, непосредственно прилегающей к ним. При наличии нескольких загрязнителей, как в случае с комбинатом, совокупность вкладов каждого из них оценивается суммарным коэффициентом загрязнения (Z_c), рассчитанным относительно кларка и регионального фона элементов. Его величина колеблется от 3,4 до 23,9. Распределение суммарного коэффициента показывает низкий и средний уровень загрязнения в почвенном слое рекультивированных карт, низкую степень загрязненности на большей площади. Максимальные значения коэффициента приурочены к территории, непосредственно прилегающей к картам отходов, и отчетливо марки-

руют влияние преобладающего ветра на распространение загрязнителей в поверхностном слое почв (рис. 1).

Рис. 1. Суммарный коэффициент загрязнения (Z_c) в почвах в районе комбината «Тувакобальт»

Результаты исследования растительного покрова выявили повышенные концентрации марганца, железа, цинка в основном в корнях растений в антропогенно-преобразованной почве и открытых картах хвостохранилища комбината «Тувакобальт», где содержание элементов превышают ПДК тяжелых металлов до IV группы бедствия: марганца – 85,3 мг/кг, превышающее ПДК в 85 раз, железа – 765 мг/кг – 15,3 раз, цинка – 337,4 мг/кг – 6,7 раз; в антропогенно-преобразованной насыпной почве: меди – 104,5 мг/кг (3,5 ПДК), цинка – 146 мг/кг (3 ПДК), марганца – 69,1 мг/кг (69 ПДК), Fe – 638 мг/кг (13 ПДК). Содержание кобальта, мышьяка, меди в растениях в целом ниже значений ПДК для растительных кормов, за исключением колосняка китайского (*Leymus chinensis*), в котором повышенная концентрация тяжелых металлов и мышьяка отмечается в корнях.

Влияние хвостохранилищ комбината «Тувакобальт» на поверхностные и подземные воды.

1. Содержание мышьяка в поверхностных водах (р. Элегест) за период исследования колебалось в пределах 0,00086 – 0,0077 мг/л, что не превышает ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/л). Мышьяк в поверхностных водах определяется в верхнем, среднем и ниж-

нем течениях. Фоновое содержание мышьяка в р. Элегест может быть обусловлено развитием в её верховьях карбонатно-песчанистых толщ карбона и юры с гидротермальными проявлениями сульфидов и арсенидов, что может служить источником поступления мышьяка в поверхностные воды.

2. В подземных водах содержание мышьяка определяется в пределах от менее 0,005 мг/л (не обнаружено) до 0,013 мг/л, что не превышает предельно-допустимых концентраций (0,05 мг/л) для питьевых вод. В январе 2018 г. отмечено, что относительно повышенные содержания мышьяка в скважинах по убыванию от карт-накопителей тяготеют к тальвегу лога, т.е. к наиболее пониженной части подземного потока. Можно предположить, что в этот период времени наблюдалось движение мышьяковистых соединений в подземных водах от хвостохранилищ к долине реки Элегест, что подтверждается несколько повышенным содержанием мышьяка в пробе № 3 (0,0077 мг/л), отобранной из реки в поселке Сайлыг, где происходит разгрузка подземных вод.

ВЫВОДЫ

Нашими исследованиями установлено, что максимальная вредоносность хвостохранилищ происходит за счет ветровой эрозии и заражения почвенного и растительного покровов мышьяком и тяжелыми металлами. Максимальные значения суммарного коэффициента загрязнения почв приурочены к территории, непосредственно прилегающей к картам отходов, и от-

четливо маркируют влияние преобладающего ветра на распространение загрязнителей в поверхностном слое почв.

Результаты исследования растительного покрова выявили повышенные концентрации марганца, железа, цинка в растениях в антропогенно-преобразованной почве и открытых картах хвостохранилища, где содержания элементов превышают ПДК до IV группы бедствия. Полученные данные свидетельствуют о неблагоприятной экологической обстановке в районе карт-накопителей. Все исследованные растения относятся к кормовым. К сожалению, местные жители используют местность, прилегающую к картам-накопителям, для выпаса скота. Таким образом, существует реальная возможность передачи тяжелых металлов по трофическим цепям человеку и, как следствие, отрицательное влияние на здоровье населения.

Фоновое содержание мышьяка в р. Элегест может быть обусловлено геологическим строением местности. Величины содержаний мышьяка не превышают ПДК для вод рыбохозяйственного значения.

Присутствие мышьяка в подземных водах в районе исследований определяется как природными (Хову-Аксынское арсенидно-кобальтовое месторождение, состав переотложенных продуктов коры выветривания), так и антропогенными факторами (хвостохранилища комбината «Тувакобальт»). Содержание мышьяка в подземных водах не превышает предельно-допустимых концентраций (0,05 мг/л) для питьевых вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
2. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т.В. Гусевой. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М., 2007. – 192 с.
3. ГОСТ 31861-2012 – Вода. Общие требования к отбору проб. Москва: Стандартинформ. – 2013. – 60 с.
4. Забелин В.И. Негативные экологические последствия разработки месторождений полезных ископаемых в России в прошлом веке: проблемы бывшего ГОК «Тувакобальт» // Проблемы анализа риска. 2018, Т. 15, № 2. С. 88-95.
5. Лебедев В.И. Рудномагматические системы эталонных арсенидно-кобальтовых месторождений. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 136 с.

6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеониздат, 1981. – 33 с.
7. Правила охраны поверхностных вод (Типовые положения) (утв. Госкомприроды СССР 21.02.91). М., 1991. – 20 с.
8. Руководство по оценке загрязнения объектов окружающей природной среды химическими веществами и методами их контроля / А. И. Ермохин, Л. П. Рихванов, Е. Г. Язиков. Том. политехн. ин-т. – Томск: ТПУ, 1995. – 96 с.
9. СанПиН 2.1.4.544-96 «Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Санитарные правила и нормы». М.: Информационно-издательский центр Минздрава России. – 2003. – 15 с.