

THE INFLUENCE OF ORE DEPOSITS AND THEIR PROCESSING ON ENVIRONMENT

V. I. SOTNIKOV

Ore deposits are the source of many elements-toxicants. Oxidation of ore minerals near the surface, exploitation of ore deposits, and processing of mineral resources may be accompanied by dras-tical sacrifice of environ-ment state.

Рудные месторождения являются источником многих элементов-токсикантов. Окисление рудных минералов вблизи поверхности, отра-ботка месторождений и переработка минераль-ного сырья могут сопровождаться существен-ным ухудшением состоя-ния окружающей среды.

ВЛИЯНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ОТРАБОТКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В. И. СОТНИКОВ

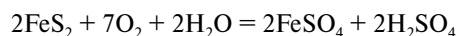
Новосибирский государственный университет

ВВЕДЕНИЕ

Многие проблемы состояния окружающей сре-ды традиционно связывают с деятельностью чело-века. Однако изучение исторического и экологиче-ского прошлого планеты свидетельствует о том, что изменение экологического состояния Земли во многом определяется и природными процессами. Доказательства этого ученые находят, в частности, в уникальных ледниковых “лабораториях” Антарк-тиды и Гренландии, где в толще льда, мощность ко-торого превышает три тысячи метров, “записана” в отдельных его слоях информация о состоянии окру-жающей среды (степень запыленности атмосферы, среднегодовые температуры, следы вулканической активности и др.) за многие тысячи лет. Ухудшение экологической обстановки часто связано с повы-шенными концентрациями металлов в почве и во-де. Накопление металлов может быть следствием геохимических процессов, которые в природе при-водят к формированию рудных месторождений.

ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Особенно сильное влияние на состояние окру-жающей среды оказывают преобразования рудных месторождений, связанные с их изменениями в приповерхностной области. Самыми существенны-ми в этом отношении являются процессы окисле-ния и растворения сульфидов, приводящие к воз-никновению хорошо растворимых в воде сульфатов. Общую схему преобразования сульфидов в этой зо-не можно проиллюстрировать на примере пирита (FeS_2) – наиболее широко распространенного руд-ного минерала:



Сульфат железа (FeSO_4) – неустойчивое соедине-ние, а образующаяся H_2SO_4 усиливает кислотные свойства подземных вод и интенсифицирует про-цессы окисления.

Высвобождение элементов, в том числе и ток-сичных, при окислении сульфидов и их миграция в подземные воды может приводить к широкому рас-сеиванию компонентов с последующим концент-

рированием их в различных объектах окружающей среды. При этом фиксированный разнос отдельных компонентов в водах колеблется от сотен метров до нескольких километров.

Значительное влияние на переход элементов из рудных тел в растворы оказывают микроорганизмы. Под действием бактерий в раствор переходит металлов в несколько раз больше, чем при простом окислении. Многие выносимые в процессе окисления элементы накапливаются в донных илах, особенно при наличии в них гидроокислов железа и марганца и органического вещества. Наблюдается рост содержания рудных элементов в почвах и растениях. Растения можно сравнить с мощными насосами, перекачивающими минерализованные растворы на дневную поверхность. Отмирание зеленой массы растений приводит к повторному и часто более сильному загрязнению тяжелыми металлами поверхностного слоя почв, а ее сжигание — к загрязнению атмосферы.

В областях влияния зон окисления сульфидных месторождений отмечено угнетающее, а иногда и губительное воздействие высвобождающихся из рудных минералов токсичных элементов на растительные сообщества. На площадях медных месторождений Южного Урала и Казахстана часто встречаются участки, лишенные растительности. К гибели растений приводят высокие концентрации мышьяка в почвах на золоторудных месторождениях Восточного Забайкалья, Казахстана, Узбекистана. Избыток марганца вызывает серую пятнистость овса, избыток цинка, меди и кобальта — появление белых омертвевших пятен на листьях растений, а молибдена — задержку в росте и т.д.

Развитие гидрогеохимических и биогеохимических ореолов рассеяния рудных компонентов значительно расширяет области влияния месторождений на окружающую среду, а высокая миграционная способность многих токсичных элементов сказывается на ухудшении общей экологической обстановки. Например, во многих районах Сибири и Урала повышенное содержание меди в водах связано именно с влиянием природных рудных концентраций. В Горном Алтае в ртутнорудных поясах, протягивающихся на сотни километров, горно-лесные почвы содержат до 1,6–2,4 г/т Hg при фоновом содержании в почвах за пределами этих поясов на уровне 0,02–0,12 г/т. В Восточной Монголии на территории свыше 10 тыс. км² в зоне влияния пояса месторождений плавленого шпата (CaF₂) постоянными являются повышенные концентрации фтора в подземных водах, в том числе и в питьевых.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОТРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отработку месторождений, как правило, ведут подземным или открытым (карьерным) способами. При подземной отработке на поверхность поступа-

ет относительно мало раздробленной породы и руды. Однако и этого количества извлекаемого материала достаточно, чтобы нарушить естественное состояние окружающей среды в районе действующих горнорудных предприятий. Породы, вмещающие рудные тела и всегда в той или иной мере обогащенные металлами, остаются на поверхности в виде отвалов, которые являются источником захламления территорий и возможного извлечения из них токсичных элементов в результате окисления и выщелачивания.

Серьезной проблемой являются рудничные воды, которые часто значительно обогащены рудными элементами, в том числе и токсичными. Так, на изучавшемся нами золоторудном месторождении Богунай на юге Красноярского края рудничные воды из штольни, которую проходили в конце 40-х годов, содержат 1,5 г/л Zn (в механическом осадке — 0,3 г/кг). Эти воды попадают в р. Богунай, впадающую через 12 км в р. Кан — правый приток Енисея. При водотоке из штольни, равном 10–15 л/мин., выносимый объем цинка существенно сказывается на уровне содержания этого высокотоксичного элемента в речной системе. В рудничных водах Богуная в повышенных количествах присутствуют также медь, свинец, ртуть. В рудничных водах медных месторождений Урала (Гайское и др.) содержится около 40 г/л Cu, 10 г/л Zn и 0,4 г/л As; pH таких вод находится на уровне 2,5–3.

При открытой разработке месторождений карьерами происходит значительное нарушение поверхности и резко возрастает масса извлекаемой породы. В местах отработки появляются большие объемы отвалов породы, которая из-за низких содержаний в ней рудных компонентов не идет на переработку. Практикуемое использование подобной породы для строительных целей и дорожных покрытий также может привести к ухудшению экологической обстановки, при этом неблагоприятные последствия могут проявиться через значительное время.

Применение взрывных работ в карьерах приводит к резкому увеличению разноса рудного материала, часто выпадающего на значительном расстоянии от места отработки. Так, при разработке медно-молибденового месторождения Эрдэнэтуин-Обо (Северная Монголия) следы рудных компонентов обнаруживали на расстоянии около 100 км (по данным снеговой съемки).

Масштабы карьерных разработок во многих случаях значительны. Поэтому из хозяйственного оборота выключаются значительные площади. Чтобы как-то уменьшить неблагоприятные последствия от эксплуатации рудных месторождений, в последнее время начинают использовать другие системы отработки, например, выщелачивание рудных минералов (в простом варианте — серной кислотой) и извлечение полезных компонентов из раствора путем сорбции. Этот способ применяется при подземном

(без извлечения руды из недр) и кучном (складируется извлеченная руда) выщелачивании. Здесь возникают экологические проблемы, связанные в основном с контролем за движением раствора. При хорошей организации работ экологические последствия при данном способе обработки можно свести к минимуму. Выщелачивание уже сейчас широко практикуется при обработке медных, урановых и золоторудных месторождений. В США таким способом получают около 20% всей добываемой меди.

Экологические проблемы возникают и при обработке россыпных месторождений. Особенно это касается амальгамного способа извлечения золота с использованием ртути (при смачивании ртутью золото образует амальгаму и в таком виде отделяется от пустой породы и песка). Этот способ добычи прост и эффективен, но приводит к значительному загрязнению окружающей среды. В районах золотодобычи ртуть накапливается в почвах, донных отложениях водоемов, растениях и воздухе; у людей часто обнаруживаются признаки ртутной интоксикации.

Наиболее остро проблема ртутного заражения окружающей среды проявилась в настоящее время в Бразилии, Индонезии, Танзании и Вьетнаме [1]. Так, в Бразилии, где в бассейне Амазонки добычей золота занимаются около 1,2 млн. человек (на площади около 170 тыс. км²), ежегодные потери используемой при этом ртути оцениваются в 100–200 т. В 80-е годы за десять лет в Амазонии было рассеяно от 1000 до 2000 т ртути. Поток ртути в атмосферу в этом регионе в настоящее время достигает 50–70 т в год, что составляет 1–6% глобальной антропогенной атмосферной эмиссии этого элемента. Содержание ртути в крови людей в районах добычи золота определяется в десятки и даже сотни микрограммов на 1 литр, что значительно превышает все допустимые нормы.

Проблема загрязнения окружающей среды ртутью при добыче золота актуальна и для России, особенно в сибирских регионах [2], где, несмотря на запрещающие инструкции, все еще используется амальгамный метод. В Сибири разработка россыпных месторождений золота всегда преобладала над эксплуатацией коренных месторождений. Поэтому долины многих малых рек и их притоков к настоящему времени насыщены техногенными отвалами, содержащими те или иные количества ртути. К сожалению, оценки этих содержаний и возможных путей миграции ртути на площадях обработки россыпей в настоящее время практически нет, а широко развернувшееся лицензирование природных и техногенных россыпных месторождений золота и отсутствие соответствующего контроля может значительно осложнить экологическую обстановку в этих регионах.

При существующей тенденции роста объемов мировой добычи большинства металлов ожидается дальнейшее увеличение неблагоприятного воздей-

ствия последствий обработки рудных месторождений на окружающую среду. Наглядным подтверждением этого является устойчивая тенденция увеличения содержания ртути в атмосфере, хорошо прослеживаемая по изменению ее концентрации в датированных слоях ледника Гренландии, которая коррелируется с ростом мировой добычи ртути (рис. 1) [3].

В связи с этим принятию решения об освоении того или иного месторождения (кроме требований экономической целесообразности) должна предшествовать проработка проблем его комплексного освоения на принципиально новых технологических решениях, максимально уменьшающих неблаго-

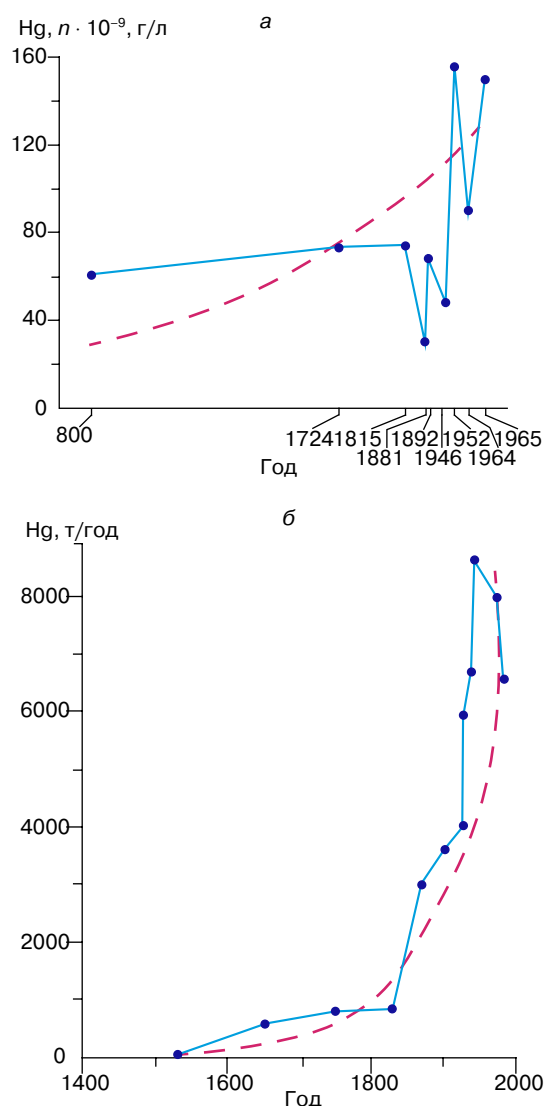


Рис. 1. Соотношение содержания ртути в датированных слоях щитового ледника Гренландии (а) и мировой добычи ртути по годам (б) [3]. Пунктирная линия – усредненные графики.

приятные экологические последствия процесса добычи и переработки минерального сырья и хранения отходов.

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ В СВЯЗИ С ПЕРЕРАБОТКОЙ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Возможное влияние элементов-токсикантов не исчерпывается рассмотренными ситуациями. Часто эти элементы-токсиканты остаются в минералах, которые идут на дальнейшую переработку, в том числе металлургическую. Это можно проиллюстрировать на примере золота. В самородном золоте содержание ртути может достигать 158 г/кг [2]. Кроме того, после отпарки амальгамы (температурная отгонка ртути при нагревании), несмотря на нагрев до 600–700°C, в золоте сохраняется небольшое количество ртути. При аффинаже (очистке золота) неизбежен переход ртути из золота в атмосферу. О влиянии ртути на окружающую среду можно судить на примере аффинажного (золотоочистительного) завода в Новосибирске [2], вокруг которого в почвах зафиксирован техногенный ореол ртути, занимающий около одного квадратного километра. Концентрация ртути в этом ореоле превышает ПДК (предельно допустимую концентрацию) для почв в несколько раз, варьируя от 0,03 до 18,9 г/т (в целом по Новосибирску местный фон ртути в почвах составляет 0,08 г/т). Кроме того, отмечены высокие содержания свинца — до 478 г/т (местный фон в почвах города — 41 г/т Pb). В почвах около завода существенную долю составляет газообразная ртуть. В твердой фракции снега на площади почвенной аномалии содержание ртути достигает 6,8 г/т, свинца — 100 г/т (при местном фоне 0,04 и 15 г/т соответственно).

При обжиге золотосодержащих концентратов, выделяемых из дробленых руд и содержащих сульфиды, арсениды и другие минералы, в атмосферу поступают сера, мышьяк, сурьма и ртуть. Вокруг обжигового цеха Дарасунской золотоизвлекательной фабрики (месторождение Дарасун, Восточное Забайкалье) лесная растительность, особенно хвойная, почти полностью поражена техногенными газами. Устранение этого вредного влияния возможно путем внедрения технологии извлечения токсич-

ных элементов из обжиговых газов путем перевода их в твердую фазу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование рудных месторождений, их отработка и переработка минерального сырья могут сопровождаться существенным ухудшением состояния окружающей среды. В настоящее время этим проблемам уделяется много внимания. Если раньше при оценке промышленного значения месторождений прежде всего учитывали количество руды и ее качество, то сейчас, кроме того, предусматривают экологические последствия разработки месторождения и планируют затраты на охрану окружающей среды. Эти затраты могут быть столь большими, что эксплуатация месторождений, даже достаточно крупных и богатых, оказывается нерентабельной. Например, на острове Пуэрто-Рико были обнаружены промышленные месторождения меди, которые однако не разрабатываются, поскольку карьеры могут нанести непоправимый ущерб для природы этого небольшого острова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухенко С.А. Экологические проблемы использования ртути при добыче золота: обзор мировой литературы // Химия в интересах устойчивого развития. 1995. Т. 3, № 1–2. С. 37–42.
2. Росляков Н.А., Кириллова О.В. Ртутное загрязнение при добыче золота в России. Там же. С. 43–56.
3. Оболенский А.А., Озерова Н.А., Васильев В.И. Природные источники ртути в России. Там же. С. 11–22.

* * *

Виталий Иванович Сотников, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры месторождений полезных ископаемых Новосибирского государственного университета, зав. лабораторией рудно-магматических систем Объединенного института геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения РАН, действительный член Международной академии минеральных ресурсов. Лауреат Государственной премии СССР. Автор 8 монографий и более 250 научных статей. Область научных интересов: рудообразование и металлогения.