

ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

© 2012 г. А. Б. Макаров, А. Г. Талалай

Уральский государственный горный университет
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
E-mail: group-nedra@mail.ru

Поступила в редакцию 20.01.2012 г.

Рассмотрены главные типы техногенно-минеральных месторождений и особенности их размещения и состава. Показан характер их воздействия на различные компоненты природной окружающей среды.

Ключевые слова: *техногенно-минеральные месторождения, тяжелые металлы, воздействие на окружающую среду.*

Появление нового научного направления, связанного с изучением техногенно-минеральных (техногенных) месторождений, обусловлено необходимостью как научного обоснования их исследований и последующего использования техногенно-минерального сырья, так и целым рядом факторов, важнейшими из которых являются возможность расширения минерально-сырьевой базы регионов при использовании техногенно-минерального сырья в различных направлениях и решение многих проблем, связанных с напряженной экологической ситуацией в промышленных регионах, что определяет изучение их влияния на окружающую среду.

В настоящее время техногенно-минеральные месторождения (ТММ) подразделены на ряд типов, главными из которых являются объекты, связанные с добычей и обогащением полезных ископаемых, металлургией, химическим и энергетическим производством [2, 4]. Для каждого из них характерны свои условия образования, последующие эпигенетические изменения, а также и особенности воздействия на природную окружающую среду. Формирование ТММ происходит в разнообразных, преимущественно поверхностных, условиях при ведущей роли техногенных процессов. С учетом особенностей этих процессов, определяющих вещественный состав техногенно-минерального сырья, они подразделяются на две большие группы: сформированные низко- и высокотемпературными процессами [3]. Последующее подразделение техногенно-минеральных месторождений производится уже по конкретным условиям их образования, где главную роль приобретают формирующие их отрасли промышленности: горнодобывающая, металлургическая, топливно-энергетическая и химическая.

В пределах Уральского региона самые значимые ТММ определяются промышленной специализацией – горнопромышленной и металлургической. ТММ железорудной промышленности формируются в процессе добычи железных руд (от-

валы вскрышных и вмещающих пород), их обогащения (шламо- и хвостохранилища сухой и мокрой магнитной сепарации) и металлургического передела (отвалы шлаков металлургических производств, пыли и шламы). Пространственно они принадлежат к двум крупным структурам Урала: Центрально-Уральской и Тагило-Магнитогорской зонам. К первой приурочены ТММ Челябинской области, включающие отвалы разработки Бакальского месторождения (вскрышные породы – около 365 млн. м³), отвалы добычи железо-титановых руд Кусинского месторождения, а также Республики Башкортостан (Тукановское месторождение).

Более широким спектром разнообразных породных отвалов представлены ТММ железорудной промышленности, приуроченные к Тагило-Магнитогорской зоне. Определенный интерес здесь представляют только отвалы бедных железных руд, имеющих небольшие объемы.

Значительные отвалы сформированы в результате разработки Алапаевских месторождений бурых железняков, которые эксплуатировались более 250 лет. Они имеют гребневидную, конусовидную форму, достаточно однородный состав, сложные рыхлыми осадочными породами: суглинками, беликами, глинами, песками с редкими глыбами и рудной мелочью бурых железняков.

ТММ, связанные с обогащением железных руд, представляют собой хвостохранилища, вмещающие значительные объемы отходов обогащения – хвостов мокрой и сухой магнитной сепарации, пространственно обычно сопряженных с расположением месторождений железных руд. Так, Качканарский горно-обогатительный комбинат отходы обогащения титаномагнетитовых руд, представленные хвостами мокрой магнитной сепарации (916 млн. т), при ежегодном выходе 33–35 млн. т, размещает в хвостохранилище площадью 1465.7 га, состоящем из трех отсеков: Рогалевского, Промежуточного и Выйского. В хвостах отмечают

ся стабильные содержания одного из редких металлов – скандия (среднее содержание – около 135 г/т), входящего в состав пироксена при значительных объемах накопленных хвостов его концентрации представляют промышленный интерес. Отходы обогащения железных руд Магнитогорского металлургического комбината складировались в отвале № 35 (0.8 млн. т хвостов обогащения сернистых руд) и шламохранилищах № 1 и 2. В отвале № 35 находится около 0.8 млн. т хвостов обогащения сернистых руд. Шламохранилище № 1 (10 млн. т хвостов промывочно-обогажительной фабрики ПОФ-1 с содержанием железа в хвостах от 21.9 до 38.0%) эксплуатировалось с 1932 по 1951 гг., шламохранилище № 2 эксплуатируется с 1951 г., в него поступило более 145 млн. т хвостов и шламов со средним содержанием железа 20.49%.

Техногенно-минеральные месторождения, связанные с металлургическим переделом руд черных металлов, составляют две группы техногенно-минеральных образований. Первая связана с формированием металлургическими предприятиями шлаков, вторую образуют шламы и пыли технологических процессов и производств. Значительными объемами техногенно-минеральных ресурсов располагает Нижне-Тагильский металлургический комбинат, шлаковые отвалы которого включают отвал доменных и отвал сталеплавильных шлаков длиной 1200 м и шириной около 1000 м. Объем техногенно-минеральных образований составляет около 55.0 млн. т, площадь отвала – 180 га, высота – 40–60 м.

ТММ производства ферросплавов находятся в пределах заводских территорий как ферросплавных (Серовский и Ключевской заводы ферросплавов, Челябинский электрометаллургический комбинат), так и металлургических заводов (Алапаевский и Чусовской).

ТММ предприятий цветной металлургии являются наиболее привлекательными для первоочередного освоения с различных позиций: их разработка может быть экономически целесообразна, ее следствием обычно является уменьшение или ликвидация интенсивного загрязнения природной окружающей среды. Для многих техногенно-минеральных образований существуют рациональные технологические схемы переработки. ТММ, связанные с добычей медных руд, формируются в виде отвалов пород вскрыши, вмещающих пород и некондиционных руд. В пределах Уральского региона это отвалы крупных комбинатов медной промышленности, разрабатывающих месторождения медноколчеданных руд преимущественно открытым способом. ТММ, связанные с обогащением производством, представлены хвостохранилищами обогащательных фабрик (техногенные месторождения наливного типа по В.В. Оленину и др.). Формирование хвостохранилищ происходит в течение

длительного времени, поэтому возможны изменения качества руды, содержания в ней полезных компонентов и объекта добычи. Процессы формирования пространственно разобщенных зон повышенной концентрации цветных металлов протекают в них как при размещении хвостов, так и под воздействием более поздних процессов окисления и перераспределения с участием водных растворов.

Металлургические заводы медной промышленности Урала накопили около 110 млн. т шлаков, в которых содержатся 410 тыс. т меди, 2.56 млн. т цинка, 1.09 млн. т серы, 30.8 млн. т железа. Медеплавильные шлаки ОАО “СУМЗ” перерабатываются на обогащательной фабрике, при этом получают медный концентрат и строительные пески [1].

Находит свое применение и техногенно-минеральное сырье, связанное с энергетическим производством – золошлаковые отходы используются в производстве бетонов различных видов, а также в дорожном строительстве. Для техногенно-минеральных месторождений химического производства (пиритные огарки, фосфо- и фторогипсы) разрабатываются рациональные технологии извлечения металлов и производства строительных материалов.

Россия, как и многие другие страны, имеет большой опыт освоения минерально-сырьевых ресурсов, с которым связано и развитие промышленности Уральского региона. Для районов интенсивного освоения минерального и топливно-энергетического сырья характерно слияние отдельных промышленных центров в крупные районы и промышленные узлы, связанные транспортными, энергетическими (ТЭС, АЭС и др.), коммуникационными системами. Экологический кризис, охвативший многие регионы, обусловлен, в первую очередь, низкой технологией добычи и переработки сырья. Свою роль в ухудшении экологической ситуации совместно с другими факторами играют и ТММ, которые уже в процессе своего формирования в результате литотехногенеза являются одним из источников химического загрязнения природной окружающей среды, а с течением времени становятся частью геологической среды, которая, как и природные месторождения, является аномальной по содержанию многих тяжелых металлов.

Миграция тяжелых металлов из ТММ в окружающую природную среду происходит в виде атмосферных и гидрогенных потоков рассеяния, которые формируют техногенные ореолы и аномалии тяжелых металлов. Роль различных факторов (климатических, технологических и т.д.) в формировании ореолов загрязнения определяется типом ТММ.

Основные источники влияния на природную окружающую среду, в том числе и воздействие ТММ, подразделяются следующим образом: по направлениям воздействия на природные ресурсы – воздействие на землю, недра, водные ресурсы, ат-

мосферу; по видам воздействия – механическое, физико-механическое, геохимическое, биологическое и т.п. Начальным звеном в миграции тяжелых металлов при формировании ТММ является добыча полезных ископаемых, вовлекающая в процессы техногенной концентрации и рассеяния элементов значительные количества тяжелых металлов. Различные виды геохимических барьеров на путях потоков миграции металлов могут формировать техногенные аномалии. ТММ в динамике эволюции геотехнической системы, на регрессивной стадии ее развития, претерпевая разнообразные изменения, постепенно приходят в некоторое стабильное состояние.

В результате воздействия ТММ происходит ухудшение качества, нарушение и отчуждение земель, изменение состава и свойств геологической среды, загрязнение природных вод и атмосферы, уничтожение растительности и нарушение сложившегося гидробаланса.

Воздействие ТММ характеризуется следующими основными показателями: видом, интенсивностью, характером (дискретный, непрерывный, разовый), периодом, масштабом (размерами и формой зон влияния). Воздействие на земельные ресурсы может рассматриваться в двух аспектах. Первый составляет нарушение поверхности земли, изъятие из хозяйственного оборота (отчуждение) ненарушенных территорий. Второй обусловлен механическим и химическим загрязнением прилегающей к ТММ территории – нарушение физико-механического состава и свойств почвенного покрова. Источник загрязнения – техногенно-минеральные образования, слагающие ТММ, характеризуются значительными концентрациями содержащихся в них тяжелых металлов. Комплексное загрязнение тяжелыми металлами является главным видом воздействия ТММ на природную окружающую среду. В большинстве случаев, особенно для ТММ, сформированных в прошлые века, каких-либо предварительных инженерно-геологических исследований и мероприятий по устройству противифльтрационных экранов их оснований не предусматривалось и часто именно этим обстоятельством обусловлена миграция химических элементов и соединений за пределы ТММ.

Воздействие на атмосферу техногенно-минеральных месторождений происходит вследствие пыления их поверхности и может распространяться на значительные расстояния, начинаясь уже при малых скоростях ветра. Это характерно как для отвалов вмещающих пород и некондиционных руд, так и сухих пляжей шламо- и хвостохранилищ, шлако- и золоотвалов. Наибольшую опасность в хвостах могут представлять как флотационные реагенты (ксантогенаты, цианиды, фенолы), так и токсичные минералы (пирит, арсенопирит, блеклые руды, киноварь и т.д.). Обильные пылевыведения ха-

рактерны для шлакоотвалов, содержащих распадающиеся шлаки производства низкоуглеродистого феррохрома. На интенсивность пыления влияет время года – в осенне-зимний период пылевыведение прекращается или уменьшается. В то же время с увеличением влажности материала хвостов дефляция резко уменьшается а при скорости ветра менее 2.5 м/сек процессы дефляции не наблюдаются.

Воздействие ТММ на поверхностную гидросферу определяется поступлением загрязненных вод в поверхностные водоемы и водотоки. При этом происходит загрязнение природных вод за счет ТММ, являющихся источниками загрязняющих компонентов. Главными параметрами формирования миграционных водных потоков рассеяния являются: 1) дисперсность техногенно-минеральных образований, выраженная в их удельной поверхности; 2) концентрации химических элементов в техногенно-минеральных образованиях; 3) формы нахождения тяжелых металлов в ТММ; 4) объем техногенно-минеральных образований в ТММ.

В целом, для техногенно-минеральных месторождений распространение гидрохимических потоков происходит в сторону понижения рельефа, и они в значительной мере являются причиной глубокой трансформации свойств почв. Агрессивность гидрогенных техногенных потоков способствует активизации миграционных процессов – переводу в подвижные формы и интенсивному выносу ряда химических элементов, особенно с переменной валентностью. Характер воздействия на поверхностные воды может быть как непрерывным в течение определенного периода (фильтрация через дамбы, регулярный сброс сточных вод), так и дискретным (сброс вод с отвалов в результате выпадения осадков или таяния снега). Наиболее опасными в отношении воздействия на поверхностную гидросферу являются ТММ, сформированные при разработке колчеданных месторождений. Внешние отвалы таких месторождений характеризуются вторичным обводнением, оказывают влияние на гидродинамический режим: отвал аккумулирует практически всю влагу, поступающую с атмосферными осадками. При уплотнении основания отвалов появляется их обводнение, выраженное как вторичное заболачивание (формирование приотвальных озер и болот).

В результате воздействия ТММ, представленных хвостохранилищами, нарушается режим стока поверхностных вод, ухудшается их состав. При анализе воздействия хвостохранилищ на поверхностные воды, устанавливается, что поступление тяжелых металлов в поверхностные и подземные воды происходит как при их миграции из техногенно-минеральных образований, так и из вод прудов-отстойников. При фильтрации вод через насыпные грунты дамб и ложе хвостохранилища происходит их значительная очистка. За пределами хвостохра-

нилищ сточные воды подвергаются воздействию самоочищающих факторов (разбавление, аэрация, солнечная радиация, растворение, сорбция грунтов, биологическая очистка), в результате чего происходит естественное самоочищение вод.

Воздействие ТММ на подземную гидросферу определяется инфильтрацией загрязненных вод в подземные водоносные горизонты, поэтому характерно прежде всего их химическое загрязнение, а в отдельных случаях и тепловое. Загрязнение происходит за счет инфильтрации воды, реагирующей с токсичными веществами и соединениями, содержащимися в техногенно-минеральных образованиях.

Выделение влияния ТММ на подземную гидросферу чаще всего довольно затруднительно, что связано с размещением объектов в промышленных зонах, а изменение макрокомпонентного состава и загрязнение подземных вод тяжелыми металлами вызвано совокупностью воздействия технологических процессов добычи и переработки минерального сырья и непосредственно ТММ. Размер зон загрязнения подземных вод определяется площадными параметрами и продолжительностью существования объекта, а комплекс элементов-загрязнителей – составом ТММ, которые относятся к группе фиксированных, постоянно действующих источников загрязнения.

В целом, ТММ оказывают комплексное негативное воздействие на природную окружающую среду при тесной взаимосвязи качественных характеристик компонентов окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы). Так, загрязнение атмосферы приводит к загрязнению почв, снижению качества поверхностных и подземных вод и угнетению растительности. Негативное влияние ТММ на природную окружающую среду значительно снижается при их консервации, которая проводится путем рекультивации поверхности. Изменение компонентов природной окружающей среды в значительной степени зависит от продолжительности воздействия и наиболее интенсивно проявляется в пределах старых горнорудных районов.

В пределах г. Нижний Тагил к наиболее сильным и необратимым изменениям относятся изменения геологической среды, связанные с добычей полезных ископаемых на территории города: здесь находится 6 отработанных месторождений железных руд. Площадь земель, занятых горными отходами в пределах городской черты составляет 30%, глубина отработанных нерекультивированных карьеров от 50 до 280 м. Вследствие длительной разработки месторождений естественный ландшафт преобразован в горнотехнический. Активно проявляются инженерно-геологические процессы, происходят оползни, осыпи в бортах карьеров и на откосах отвалов. Отмечается интенсивное пыление ТММ – обезвоженных шламоотстойников. Качество рекультивируемых отвалов находится на низ-

ком уровне, они являются постоянно действующими источниками загрязнения.

Цветная металлургия Урала занимает ключевые позиции в механизме формирования геохимического облика геотехносферы региона, при этом значительное место отводится и ТММ. Рассматривая геохимические аспекты экологического воздействия ТММ цветной металлургии, необходимо отметить, что именно добыча и переработка минерального сырья вовлекает в пределах техносферы в механическую, водную, а впоследствии и в биохимическую миграцию целый комплекс химических элементов.

Многие ТММ цветной металлургии расположены непосредственно в промышленных зонах и их влияние на природную окружающую среду невозможно вычленивать из общего негативного воздействия медеплавильного производства. Наиболее характерным примером являются ТММ, сформированные Среднеуральским медеплавильным заводом, находящиеся на одной промышленной площадке, в пределах которой уже отсутствуют природные ландшафты.

При оценке воздействия на природную окружающую среду ТММ хвостохранилищ обогатительных фабрик цветной металлургии в первую очередь рассматриваются техногенные изменения, которым подвергается наземная гидросфера. Хвостохранилища относят к постоянно действующим источникам загрязнения поверхностного типа. Принято считать, что не оборудованные специальными противофильтрационными экранами, при условии их быстрого заполнения, они имеют тесную гидравлическую связь с подземными водами. При этом фильтрационный поток под дном хвостохранилища формирует “купол растекания” и смыкается с уровнем подземных вод. Основным загрязняющим компонентом, характерным для всех хвостохранилищ, содержащих хвосты переработки руд колчеданных месторождений, являются сульфаты.

Негативное воздействие на окружающую среду производят и ТММ топливно-энергетической отрасли, представленные золоотвалами. Непосредственно сами тепловые электростанции являются одним из наиболее крупных источников, загрязняющих природную окружающую среду. В пределах ареала распространения зольной пыли происходит загрязнение почв целым рядом элементов. Зольное вещество активно гидратируется и частично растворяется в воде, в первую очередь это касается S, Ca, Mg, Na и Sr. Растворимость зольных остатков существенно зависит от условий среды (кислой, щелочной или нейтральной). Твердая часть зольных остатков накапливается в основном в верхнем слое почвы, откуда постепенно мигрирует в составе водных растворов, что приводит к загрязнению почвенного покрова.

В целом, ТММ являются источником негативно-го комплексного влияния на все компоненты природной окружающей среды. Это связано преимуще-

щественно с миграцией тяжелых металлов в природную окружающую среду как при механическом разном техногенно-минеральных образований, так и в виде атмосферных и гидрогенных потоков рассеяния, которые формируют техногенные ореолы и аномалии тяжелых металлов, а в ряде случаев и специфические ТММ в виде техногенных грунтов с высокими концентрациями цветных и благородных металлов. Выполненные исследования показывают, что это влияние имеет различный характер и сферу влияния. Наиболее интенсивно загрязнение тяжелыми металлами протекает при дисперсном состоянии техногенно-минеральных образований шламохранилищ, отвалов самораспадающихся шлаков ферросплавов, золоотвалов. Ассоциации химических элементов-загрязнителей определяются типом ТММ. Оценка негативного влияния объектов в значительной мере затрудняется вследствие расположения ТММ в пределах промышленных районов и узлов с напряженной экологической ситуацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуман О.М., Долинина И.А., Макаров А.Б., Рудой А.Г. Использование отходов переработки отвальных шлаков для рекультивации земель горнодобывающего комплекса // Известия вузов. Горный журнал. Екатеринбург: УГГУ, 2010. № 4. С. 43–49.
2. Макаров А.Б. Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала: условия формирования, особенности состава и направления использования // Известия УГГУ. Вып. 22. Екатеринбург, 2007. С. 61–68.
3. Макаров А.Б. Особенности генетической классификации техногенно-минеральных месторождений // Новые идеи в научной классификации: коллективная монография. Вып. 5. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 305–313.
4. Талалай А.Г., Макаров А.Б., Зобнин Б.Б. Техногенные месторождения Урала, методы их исследования и перспективы разработки // Известия вузов. Горный журнал. Екатеринбург: УГГУ, 1997. № 11-12. С. 20–36.

Рецензент В.Н. Огородников

Technogenic mineral deposits and their ecological role

A. B. Makarov, A. G. Talalay

Ural State Mining University

We consider the main types of man-caused mineral deposits and characteristics of their location and composition. Specific features of the impact on various components of the natural environment are shown.

Key words: *technogenic mineral deposits, heavy metals, impact on the environment.*