

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

С.Ю. Лифановская (Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН)

Обсуждаются экологические проблемы добычи полезных ископаемых. Характеризуется влияние горнорудной промышленности на почву, атмосферный воздух, водные объекты. Предлагается ряд проектов для решения этих проблем.

Ecological problems of mining operations are considered in the article. The description of the ore mining influence on soil, atmospheric air and bodies of water are given characteristics. The set of proposals are given for solving these problems.

На современном этапе в мире сложилась серьезная ситуация, связанная с проблемой использования, обезвреживания, переработки и захоронения отходов. Тысячи предприятий ежегодно перерабатывают более 35 млрд м³ горнорудной массы [2]. По объему выбросов загрязняющих веществ Россия в настоящее время занимает 3-е место после США и Китая. Современные технологии позволяют использовать лишь небольшую часть извлекаемой массы пород, а все остальное накапливается в виде отходов, которые рассеиваются природными миграционными процессами и являются источниками загрязнения природной среды. На территории страны в отвалах, полигонах, хранилищах и несанкционированных свалках накоплено порядка 150 млрд т твердых отходов производства и потребления, из которых 120 млрд т – горнопромышленные. Количество последних ежегодно увеличивается еще на 2 млрд т. Токсические и экологически опасные отходы составляют более 1,5 млрд т. Под полигоны для складирования, шламонакопители и хвосты (отходы обогащения) занято свыше 300 тыс. га.

Отходы – это остатки сырья и основных материалов, получаемые в процессе производства продукции. Отходы горнодобывающих и обогатительных предприятий относятся к остаткам, возникающим в ходе добычи и переработки полезных ископаемых. Их также можно назвать техногенными массивами. Они вызывают большую экологическую опасность – это состояние природной среды, подвергающейся воздействию техногенных массивов, при котором возникает угроза здоровью населения и даже государству в целом. Техногенным массивам можно дать следующее определение: это геологическая структура, которая складывается из пород и наносов антропогенного характера, отличающихся по своему составу и свойствам от пород, их вмещающих. В работе [1] предложена следующая классификация техногенных массивов: насыпные и намывные массивы, техногенные наносы (рис. 1). Разделение насыпных грунтов (отвалы, насыпи, дамбы) производится в соответствии с ГОСТ 25100–82 «Грунты. Классификация», где группы делятся на типы и подтипы с учетом способа образования, степени самоуплотнения, устойчивости структуры и содержания органических веществ.

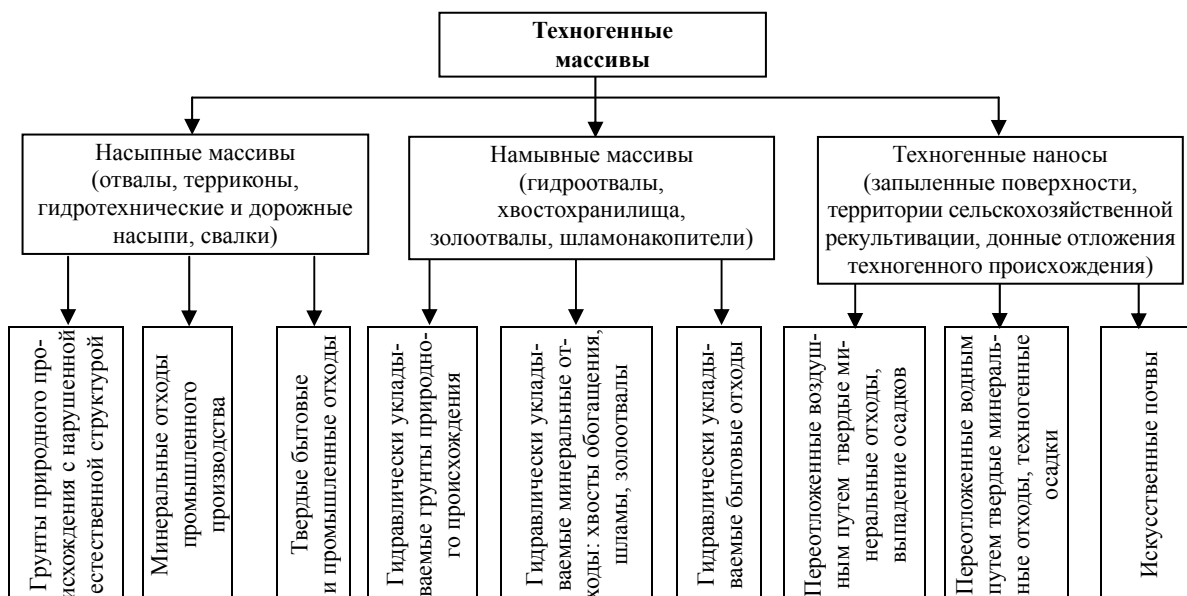


Рис. 1. Классификация техногенных массивов

Классификация намывных грунтов представлена на рис. 2 [1]. Намывные массивы в большинстве своем характерны для предприятий черной и цветной металлургии. В зависимости от химического и минералогического состава, условий и технологии складирования происходит их разделение по степени токсичности и классу ответственности, зависящему от класса опасности.

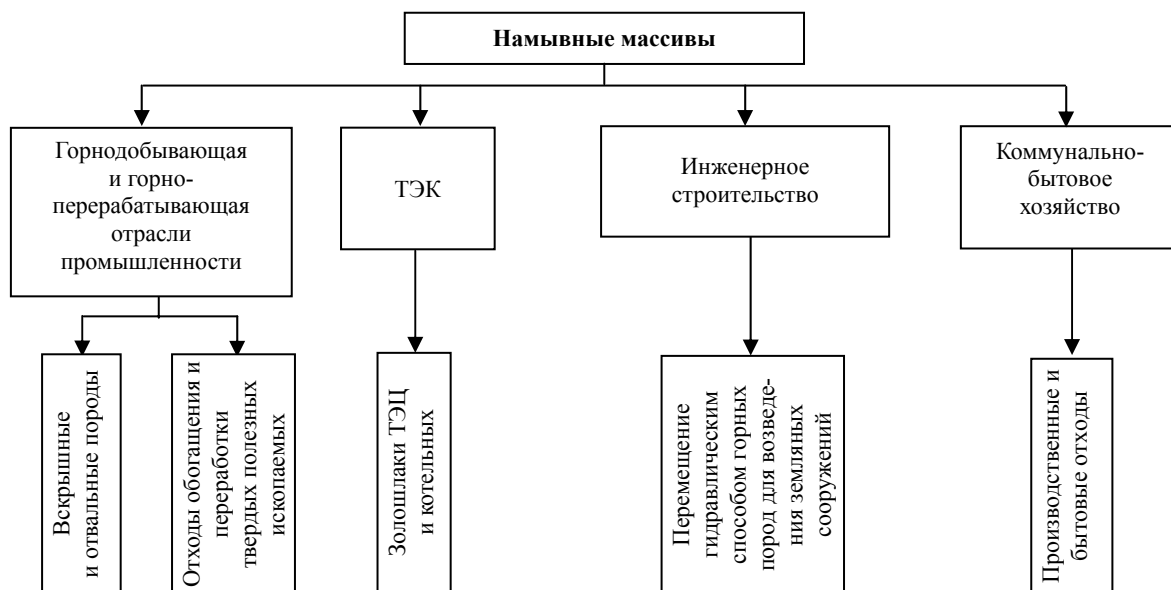


Рис. 2. Классификация намывных массивов

Для техногенных наносов (рис. 3) тоже разработана систематика. Техногенные наносы в большинстве своем представлены небольшими массивами, но имеют большую протяженность. По составу и свойствам массивы делятся на однородные и неоднородные. Отходы горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, как правило, однородны.

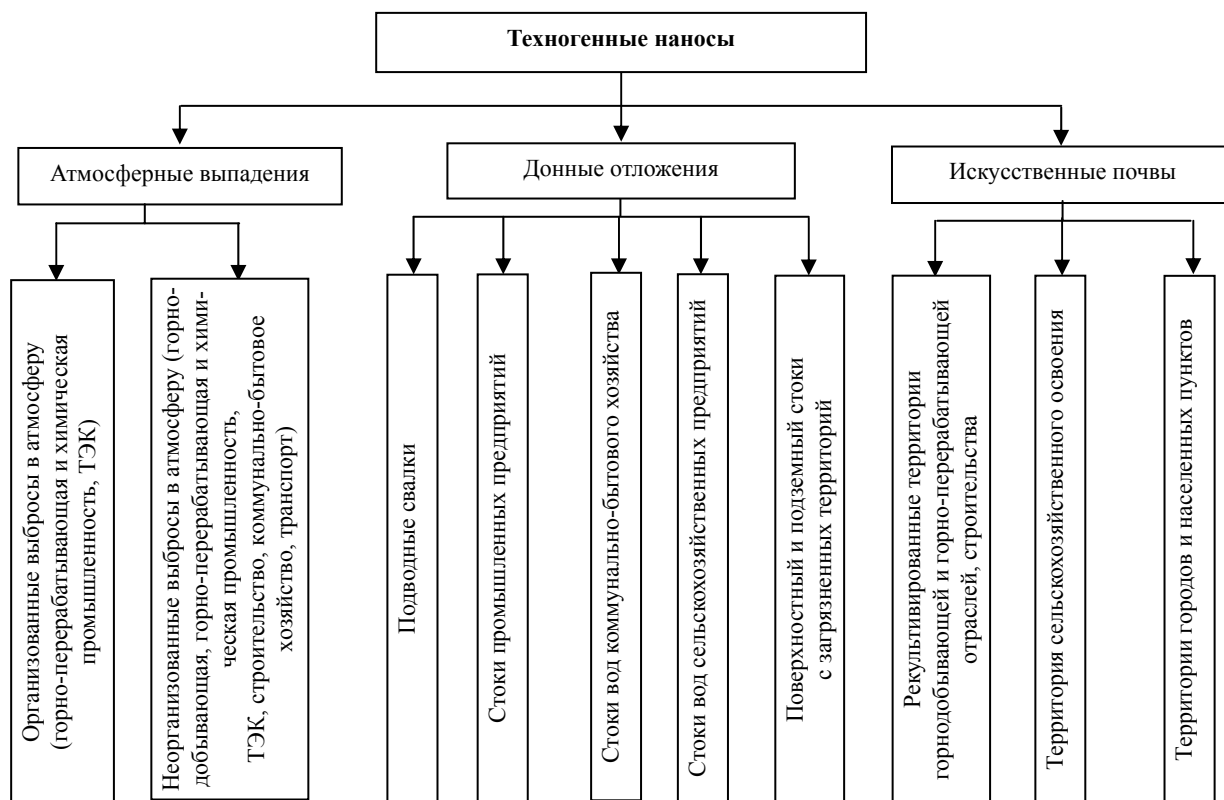


Рис. 3. Классификация техногенных наносов

В районах расположения предприятий по добыче и переработке минерального сырья техногенные массивы являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Влияние разведки и промышленного освоения месторождений выражается в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных вод, загрязнении токсичными компонентами воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель, в других негативных процессах. Характер и степень воздействия на окружающую среду в значительной мере определяются совершенством технологий разведки и разработки месторождений, минералогическим и химическим составом непереработанного минерального сырья, технологией комплексной разработки месторождений и комплексной переработки руд и концентратов, эффективностью очистки отходящих газов и сточных вод.

Из огромных объемов добываемого в мире минерального сырья используется лишь 5–10%. Остальное количество представляет собой техногенные образования. Виды и радиусы негативного воздействия на окружающую среду приведены в таблице [1].

Радиусы негативного воздействия полигонов для складирования отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей отраслей промышленности

| Вид воздействия | Радиус воздействия, м |
|---|--|
| Загазованность (при горении) | Более 300 |
| Распространение токсичного дыма (при горении) | До 10 000 |
| Загрязнение почвенно-растительного покрова | До 5000 |
| Загрязнение подземных вод | Более 5000 |
| Загрязнение поверхностных вод | Более 10 000 |
| Тепловое загрязнение | До 100 |
| Пылевое загрязнение | До 20 000 |
| «Геодинамическое» (техногенные оползни и другие опасные процессы) | 1000 и более (в случае катастрофических сценариев) |
| Подтопление территорий | Более 1000 |
| Угнетение растительности | 1000–3500 |

Процесс взаимодействия горнопромышленного комплекса с элементами окружающей природной среды приведен на рис. 4.

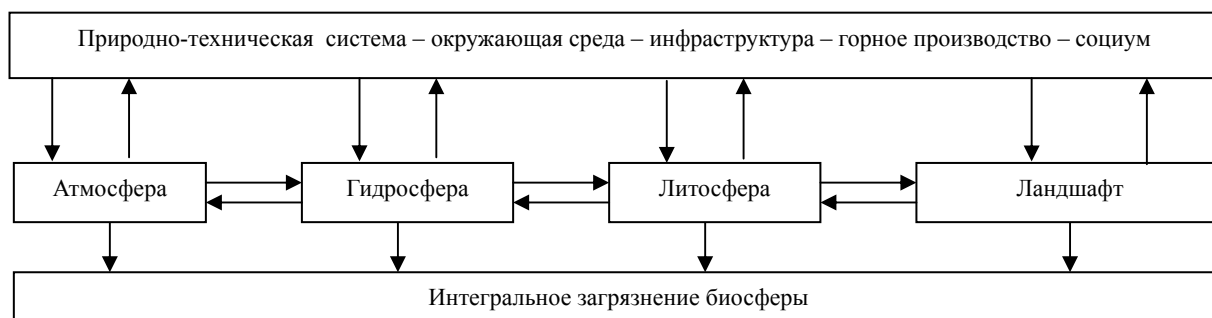


Рис. 4. Структура функционирования горнопромышленного производства и окружающей среды

Известно, что загрязнение воздуха в районе горных предприятий зависит от климатических и горно-геологических условий разработки месторождений полезных ископаемых, параметров горных выработок, отвалов и других техногенных образований, их расположения. Особую опасность представляет пыль, содержащая токсичные металлы: ртуть, свинец, мышьяк, селен, кадмий, никель, молибден, цинк, марганец, ванадий, бериллий, теллур и др. В воздушный бассейн крупных горнопромышленных районов поступают пыль, содержащая перечисленные вещества, сернистый ангидрид, окись углерода, сероводород, окислы азота и другие соединения, которые оказывают отрицательное влияние на окружающую природную среду.

Загрязненность атмосферы имеет место при всех основных производственных процессах и при эксплуатации производственных объектов приисков (шахт, карьеров, россыпей). Приведем основные виды и источники загрязнения атмосферы при производстве горных работ [2]:

| Основные технологические процессы и объекты | Источники и виды загрязнения |
|--|--|
| Подготовка горных пород к выемке Выемочно-погрузочные работы | Пыль и ядовитые газы при производстве взрывных работ Пыль при выемке и погрузке горной массы в транспортные средства и разгрузке в аккумулирующие емкости и на склады |
| Транспортирование руды, хвостов обогащения, вмещающих пород | Пыль на автодорогах прииска. Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении полезных ископаемых, пустых пород и отходов обогащения. Пыль на пунктах перегрузки. Газы при работе автотранспортных и тяговых средств двигателями внутреннего сгорания |
| Отвалообразование и складирование пустых пород, отходов обогащения и полезных ископаемых с содержанием полезного компонента ниже промышленного уровня | Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады. Пыление обнаженных поверхностей отвалов, складов полезных ископаемых, шламохранилищ. Газы при самовозгорании горной массы в отвалах и на складах |
| Объекты промплощадки: дробильно-сортировочные, агломерационные и обогатительные фабрики котельные установки базы производственных машин и автотракторной техники | Пыль при разгрузке, дроблении и сортировке полезных ископаемых. Пыль и газы при обжиге и обогащении полезных ископаемых Пыль и газы при работе котельных установок Газы и пыль при эксплуатации производственных машин и автотракторной техники |
| Обогащение руды | Сброс растворов флотации в хвостохранилища и емкости нейтрализации, сброс раствора цианидов |

Кроме рассмотренных источников загрязнения атмосферы специфическим загрязнителем воздушной среды является технический шум. Мощными источниками шума на приисках являются энергетические и технологические машины и установки, а также транспортные средства. В большинстве случаев шум от оборудования распространяется на незначительные расстояния, но от мощных источников шума звуковое загрязнение охватывает большие территории. На незначительные расстояния распространяются в воздушной среде ударные и сейсмические волны при производстве взрывов.

Существенное негативное влияние на состояние атмосферы оказывают процессы дробильно-обогатительной технологии вследствие вредных выбросов в атмосферу и пыления шламохранилищ. Отходы обогащения после осушения легко подвергаются разрушению ветром, переносятся по воздуху, образуя периодические пыльные бури, что приводит к рассеиванию механических и химических загрязнений в почвенном покрове и поверхностных водах.

Кроме того, отрицательными результатами экстенсивного роста горного производства являются резкое изменение гидрогеологических и геологических условий в районах месторождений, ухудшение качества подземных и поверхностных вод. Отбор подземных вод в больших количествах с понижением их уровней на десятки и сотни метров сопоставим по масштабам воздействия на геологическую среду с длительными геологическими процессами, а по интенсивности проявления превосходит их во много раз. В итоге наблюдается не только нарушение гидрологического режима, но и появление других неблагоприятных факторов: изменение химического состава поверхностных водотоков, деформация земной поверхности.

В зависимости от происхождения воды и качественных характеристик примесей сточные воды разделяются на три основные категории: бытовые, производственные (промышленные) и атмосферные. К производственным сточным водам относятся воды, использованные в технологических процессах и уже не отвечающие требованиям, которые предъявляются к качеству. Поэтому такие воды подлежат удалению с территорий предприятий. К ним относятся также поверхностные воды и подземные воды, откачиваемые на поверхность земли при добыче полезных ископаемых. В зависимости от способа добычи среди этих вод различают шахтные, а также дренажные воды, образуемые при осушении шахтных полей.

Под влиянием загрязняющих веществ в водных объектах происходят первичные, вторичные и третичные изменения [1].

Первичные изменения возникают при прямом воздействии загрязняющих веществ на водные объекты и выражаются в изменении физико-химических и биологических свойств воды, ее состава, температуры, годового режима, других условий обитания гидробионтов.

Первичные изменения усиливаются сложной цепью вторичных изменений, возникающих при взаимодействии загрязняющих веществ друг с другом или с составными частями воды, в результате чего образуются новые вещества, отрицательно влияющие на водные организмы.

Отложения могут существовать и перемещаться с образованием токсичных веществ, усиливать или ослаблять в воде или грунтах биологические процессы, а также процессы самоочищения воды, минерализации и т. д. Все это приводит к ухудшению гидрохимического режима и невозможности использования воды для питьевых, культурно-бытовых целей и технического водоснабжения, способствует резкому ухудшению условий обитания водных организмов.

Вследствие этих изменений нарушается сложный комплекс взаимосвязей гидробионтов с внешней средой и взаимоотношений между обитающими в водоеме организмами. Более того, может нарушиться весь жизненный цикл развития: начинают распадаться биоценозы вследствие изменения чувствительных к загрязнению организмов и замены их малочувствительными. Все это обычно приводит к понижению биологической продуктивности водоемов, а порой и к полному уничтожению запасов. Данные изменения относятся к третичным.

Сброс нагретых вод в водоемы вызывает термическое (тепловое) загрязнение воды. Установлено, что температура воды, близкая к 30°C, оказывает отрицательное действие на большинство водных организмов (кроме теплолюбивых видов), прекращает их рост, питание и размножение, а дальнейшее повышение температуры вызывает их гибель. Накопление в подогретой зоне органических веществ и их последующее размножение приводит не только к усилению минерализации воды, но и к уменьшению количества растворенного кислорода.

При повышении температуры воды возможно недостаточное насыщение кислородом глубинных слоев и образование анаэробных зон, что может привести к массовой гибели придонных организмов, в первую очередь рыб. Кроме того, отрицательным воздействием термического загрязнения является повышение вредного влияния токсических веществ при повышении температуры [3].

В горных выработках есть приток воды из недр. Эти воды обычно сильно загрязнены, и если они без соответствующей очистки попадают в естественные водоемы или водоносные горизонты, то сами становятся загрязнителями. При открытом хранении некоторые полезные ископаемые и твердые отходы горного производства под действием атмосферных осадков могут растворяться и загрязнять природные открытые водоемы и подземные воды. Существенное изменение состава природных вод может происходить в результате неорганизованного сброса карьерных или дренажных вод.

В большинстве случаев природные воды обычно пригодны для питьевого и бытового водопользования. Однако в некоторых случаях даже незначительное снижение уровня пресных подземных вод, водоносный горизонт которых имеет связь с минерализованными или химически загрязненными водами, может нарушить сложившееся гидрохимическое равновесие. Здесь степень влияния зависит от фильтрационных свойств пород, гидрогеологических, структурных условий района месторождения, условий питания водоносных горизонтов, режима работы дренажных устройств и т. п.

Атмосферные осадки, выпадая на промплощадки, отвалы, откосы и площадки уступов, образуют дождевые или талые сточные воды. В процессе осушения месторождения и откачки воды из рудника происходит не только количественное истощение запасов подземных вод, но также загрязнение и засорение водных объектов веществами, которые содержатся в сточных водах, откачиваемых из выработок.

Обводненность месторождений полезных ископаемых в естественных условиях зависит от климата, рельефа местности, наличия вблизи водоемов или водостоков, состава и строения слагающих пород, глубины залегания продуктивного пласта, тектонического строения района и др. При строительстве и эксплуатации приисков их обводненность дополняется искусственными факторами, обусловленными способами вскрытия и системой разработки. При этом наблюдаются перераспределение гидростатического и гидродинамического давления, дренаж вод из открытых водоемов и водостоков, фильтрация, инфлюация вод атмосферных осадков вследствие деформации поверхности при подработке.

При разработке месторождений полезных ископаемых производство работ может сопровождаться комплексом гидрогеологических и инженерно-геологических явлений, которые в большинстве случаев оказывают отрицательное влияние на естественные гидрогеологические условия. Это сказывается на следующем: изменяются условия питания, движения и разгрузки подземных вод, вызывающие нередко формирование глубоких и достаточно больших по площади депрессионных воронок, что ведет к широкому взаимодействию водопонижительных систем с водозаборами подземных вод, нарушению режима малых рек, озер и других небольших водо-

емов. В некоторых случаях происходит деформация поверхности земли под влиянием глубоких водопонижительных и водоотливных работ.

Вследствие прямого и косвенного воздействия открытых горных выработок на земли (ландшафты) возникают следующие неблагоприятные экологические факторы: сокращение площадей природных и культурных (прямых) антропогенных ландшафтов, водная и ветровая эрозии, разрушение косвенной структуры, минерализация, засоление, интоксикация (заболачивание, подтопление), иссушение, уплотнение, карстообразование, увеличение магнитного поля и радиоактивного фона, изменение микроклимата и т. д.

В ряде случаев удается осуществить полное уничтожение (ликвидацию) этих воздействий (рекультивация нарушенных и деградированных земель, биологическая рекультивация отвалов пустых пород, хвостохранилищ и т. д.) или использовать подземные выработки и другие подземные пространства в хозяйственных целях. В других ситуациях продолжается нарастание экологической напряженности, снижается продуктивность земельных угодий, деградируется ландшафт, отдельные элементы экосистем полностью трансформируются и приобретают устойчивый необратимый характер.

В результате ежегодного изъятия земель для гражданского и иного строительства, роста населения, отвода земель под горные разработки и на другие нужды площадь сельскохозяйственных угодий в расчете на душу населения в мире непрерывно уменьшается. Темпы снижения количества пахотных земель на каждого жителя в различных странах разные и зависят в основном от усилий общества по охране земельных ресурсов.

По оценкам специалистов [4], для того чтобы производить в достаточном количестве на месте потребления такую сельскохозяйственную продукцию, как овощи, картофель, мясо, молоко, необходимо ориентировочно иметь на душу населения 1,7 га сельскохозяйственных угодий, в том числе 0,25 га пашни. Однако уже сейчас в ряде административных районов и даже стран показатель сельскохозяйственных угодий ниже необходимых ориентировочных величин.

Химическое нарушение почв обусловлено их загрязнением технологическими отходами и выбросами в атмосферу вредных газов при выполнении основных технологических процессов. В результате естественного выщелачивания вредных элементов из рудных складов, пустых пород и хвостохранилищ происходит загрязнение атмосферы, почвенных вод и почв прилегающих территорий.

Под влиянием интенсивной и длительной разработки месторождений может измениться даже сейсмический режим территории. В районах действующих карьеров и шахт изменяются свойства пород в массиве вследствие перераспределения напряжений, осушения, взрывных, вибрационных воздействий и деформаций, сопутствующих этим процессам.

Таким образом, становится очевидным, что в настоящее время во всем мире проблема накопления и загрязнения окружающей среды отходами горнодобывающих и горно-обогачительных предприятий является наиболее актуальной. Для выхода из этой ситуации надо решить ряд задач, к которым относятся утилизация отходов, рекультивация земель, использование оборотного водоснабжения на предприятии, вторичное использование сырья, переработка техногенных отвалов, разработка технологических решений (аппаратов) для добычи полезных ископаемых с наименьшим влиянием на окружающую среду.

Литература

1. *Азарова С.В.* Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2005. – 260 с.
2. *Евдокимов П.Д., Сазонов Г.Т.* Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогачительных фабрик. – М.: Недра, 1978. – 439 с.
3. *Карлович И.А.* Геоэкология. – М.: Альма-матер: Академический проект, 2005. – 512 с.
4. *Сотников В.И.* Влияние рудных месторождений и их отработки на окружающую среду // Соросовский журн. – 1997. – № 5. – С. 62–65.