

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. В. Труфанов**

**Геоэкологические проблемы разведки  
и эксплуатации месторождений  
полезных ископаемых**

*Учебное пособие*

Ответственный редактор  
кандидат геолого-минералогических наук  
Г. Ю. Складенко

Ростов-на-Дону – Таганрог  
2017

УДК 502/504:[550.8+622.2](075.8)

ББК 26.3я73

Т80

*Печатается по решению кафедры месторождений полезных ископаемых  
Института наук о Земле Южного федерального университета  
(протокол № 6 от 22 ноября 2017 г.)*

### **Труфанов, А. В.**

Т80      Геоэкологические проблемы разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых : учебное пособие / А. В. Труфанов ; Южный федеральный университет ; отв. ред. Г. Ю. Складенко. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. – 136 с. : ил.

ISBN 978-5-9275-2659-8

В учебном пособии рассмотрены основные факторы отрицательного воздействия горных работ на окружающую среду, структурированы профилактические и радикальные мероприятия по снижению негативного влияния горнодобывающей промышленности на атмосферу, литосферу, гидросферу и биосферу, указаны научно обоснованные способы проведения рекультивационных работ, предложены направления рационального использования отдельных видов полезных ископаемых, а также рассмотрена законодательная база Российской Федерации, отражающая правовые основы экологической безопасности при проведении геологоразведочных работ.

Учебное пособие предназначено для студентов геологических специальностей, изучающих специфику организации и проведения отдельных стадий геологоразведочных и добычных работ, при написании ими отдельных глав курсовых и дипломных проектов, а также для специалистов, занимающихся вопросами экологии горных предприятий.

*Публикуется в авторской редакции.*

УДК 502/504:[550.8+622.2](075.8)

ББК 26.3я73

ISBN 978-5-9275-2659-8

© Южный федеральный университет, 2017

© Труфанов А. В., 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
1 ФАКТОРЫ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОЛОГО- РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	8
1.1 Геологическая среда, ее параметры и компоненты.....	8
1.2 Основные геоэкологические проблемы современности.....	10
1.3 Экологические проблемы, связанные с проведением геологораз- ведочных работ.....	15
1.4 Факторы отрицательного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду.....	21
1.5 Влияние горной промышленности на литосферу.....	23
1.6 Влияние горной промышленности на атмосферу .....	33
1.7 Влияние горной промышленности на гидросферу .....	41
1.8 Механизмы загрязнения и заражения окружающей среды.....	51
1.9 Специфика воздействия химических элементов на живые орга- низмы и растения.....	53
1.10 Ближайшие перспективы развития горного дела .....	59
1.11 Специфика экологического мониторинга в пределах действу- ющих и ликвидированных горных предприятий.....	65
2 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗ- ДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	72
2.1 Комплекс мер по снижению отрицательного воздействия геологоразведочных работ на литосферу.....	72
2.2 Комплекс мер по снижению отрицательного воздействия геологоразведочных работ на атмосферу.....	87
2.3 Комплекс мер по снижению отрицательного воздействия геолого-	

разведочных работ на гидросферу .....	94
2.4 Рекультивация нарушенных земель и комплексное использование минеральных ресурсов.....	103
3 НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	120
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	133

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие разработано для более глубокого освоения отдельных разделов таких дисциплин, как «Геоэкологические проблемы разведки и разработки месторождений полезных ископаемых», «Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых», «Основы прогнозирования, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» «Основы разработки месторождений твердых полезных ископаемых», «Основы переработки руд», изучаемых студентами старших курсов по направлениям подготовки 05.03.01 «Геология» (бакалавриат), 21.05.02 «Прикладная геология» (специалитет), 05.03.06 «Прикладная геоэкология» и Экология горнодобывающей промышленности (магистратура). Данный раздел указанных дисциплин оказывает существенное влияние на формирование профессиональных знаний и навыков, необходимых современному геологу и предполагает проведение лекционных и лабораторных занятий, а также самостоятельную работу студентов.

Целью преподавания указанных разделов дисциплин является получение обучающимися необходимых сведений о последствиях воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду, современных методах планирования и рационального природопользования, а также мероприятиях по рекультивации нарушенных земель и снижению отрицательного воздействия добычи полезных ископаемых на окружающую среду.

Основными задачами освоения разделов указанных дисциплин являются:

- \* усвоение общих сведений о воздействии основных видов горнодобывающей деятельности на окружающую среду;
- \* ознакомление с основными методами исследований и прогнозом влияния горных работ на окружающую среду;

\* изучение способов рациональной обработки месторождений с использованием защитных мероприятий, направленных на снижение негативного влияния геологоразведочных работ;

\* получение необходимых представлений о правовых основах охраны окружающей среды при добыче полезных ископаемых;

В итоге освоения содержания разделов указанных дисциплин студенты должны:

**Знать** — основные геоэкологические проблемы, возникающие в результате разведки и разработки месторождений полезных ископаемых; факторы отрицательного воздействия геолого-разведочных работ на литосферу, гидросферу, атмосферу и биосферу; ближайшие перспективы развития горного дела, а также способы контроля и оценки экологического состояния окружающей среды, проводимые в рамках горно-экологического мониторинга; мероприятия по снижению отрицательного воздействия геолого-разведочных работ на окружающую среду; способы рекультивации нарушенных земель и принципы рационального использования недр; основные нормативно-правовые документы, регламентирующие деятельность предприятий и частных лиц в отношении охраны окружающей среды и рационального природопользования.

**Уметь** — выявлять объекты и оконтуривать участки повышенной экологической опасности, связанной с деятельностью геолого-разведочных, горно-добывающих и горно-перерабатывающих предприятий; определять основные факторы отрицательного воздействия геолого-разведочных работ на окружающую среду; составлять рекомендации по эффективному снижению негативного влияния горных работ и наиболее комплексному использованию недр; составлять акты обследования экологической безопасности народнохозяйственных объектов в соответствии с действующим законодательством РФ..

**Владеть** — методикой комплексной экологической оценки действующих геологоразведочных предприятий; способами определения предельно допустимых концентраций токсичных элементов для различных экосистем; нормативно-правовой базой, обеспечивающей экологическую безопасность в пределах действующих и ликвидированных геологоразведочных предприятий.

В структурном плане учебное пособие состоит из 3 разделов:

I. Факторы отрицательного воздействия геолого-разведочных работ на окружающую среду, Специфика экологического мониторинга в пределах действующих и ликвидированных горных предприятий..

II. Мероприятия по снижению отрицательного воздействия горных работ на окружающую среду, рекультивация нарушенных земель и рациональное природопользование.

III. Нормативно-правовые основы охраны окружающей среды.

Автор выражает искреннюю признательность сотрудникам и преподавателям Института наук о Земле — профессору В. Е. Закруткину, профессору М. И. Гамову, доценту В. Г. Рылову, доценту Ю. А. Ревинскому, доценту А. В. Наставкину, доценту Г. Ю. Скляренко, ст. преподавателю Ф. В. Мещанинову, лаборанту кафедры МПИ ЮФУ Н. И. Перепечевой, за оказанную в разное время неоценимую помощь и поддержку при составлении данного учебного пособия.

# **1 ФАКТОРЫ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Данный раздел объединяет важнейшие причинно-следственные связи, позволяющие выделить различные факторы негативного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду. В нем описаны основные виды нарушений, связанные с деятельностью горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий, а также с последствиями их ликвидации. Представленный материал позволяет реально оценить масштабы нарушений, происходящие в литосфере, атмосфере, гидросфере и биосфере под действием геотехногенеза.

## **1.1 Геологическая среда, ее параметры и компоненты**

Если представить себе некий воображаемый космический корабль, экипаж которого улетел в далекий звездный рейс, рассчитанный на многие годы, то каждый поймет, что члены этого экипажа должны с величайшей бережливостью и благоразумием относиться к своим крайне ограниченным ресурсам кислорода, питания, топлива и пр. Сознание Мыслящих людей должно все больше и больше проникаться мыслью, что наша Земля — очень большой космический корабль, который почти пять миллиардов лет путешествует в глубинах крайне «негостеприимной» для жизни Вселенной. Этот «космический корабль» весьма удобно вышел на стационарную, почти круговую орбиту вокруг устойчиво излучающего желтого карлика и использует его энергию... Но как бы ни были велики ресурсы этого огромного космического корабля — они все же ограничены. И его экипаж (т. е. мы, Земляне) должны об этом постоянно помнить.

Развитие любого общества немыслимо без активного потребления природных ресурсов, обеспечивающих научно-технический прогресс и со-

циальное благополучие. При этом, все ресурсы могут быть разделены на возобновляемые (почвы, растения, животные, часть гидроресурсов и т.д.) и не возобновляемые, т.е. те, которые не способны образовываться в исторически обозримое время и, тем самым, не могут быть восполнены (к ним относятся практически все минеральные ресурсы, нефть, газ, уголь, благородные металлы, поделочные и драгоценные камни и т.п.). Добыча же и переработка ресурсов, как правило, сопровождается целым рядом факторов, оказывающих влияние на среду обитания и жизнедеятельность человека. В данном случае можно говорить о выделении специфической *геологической среды*, как составной части окружающей среды.

К геологической среде относятся рельеф, грунт и другие рыхлые материалы, коренные породы, подстилающие грунт. Это понятие включает также естественные процессы, которые видоизменяют ландшафт, и сопутствующие факторы, такие как растительность или многолетняя мерзлота, влияющие на развитие этих процессов. Иными словами, к основным компонентам геологической среды относится земная кора (верхняя часть литосферы), доступная для освоения человеком, рельеф, ландшафты, подземные воды и другие части окружающей среды, в которых протекают современные геодинамические процессы и с которыми связаны поиски, разведка, добыча и переработка минерального сырья.

Таким образом, в рамках данного учебного пособия предусматривается изучение особенностей изменения геологической среды, возникающих в результате проведения геологоразведочных работ и функционирования горнодобывающих предприятий, определение способов снижения этого отрицательного воздействия, а также обозначение возможных направлений рационального природопользования в рамках тех вопросов, которые касаются формирования и сохранения минерально-сырьевой базы страны.

Для достижения поставленной цели в рамках рассматриваемой пред-полагается решить следующие *задачи*:

1. Выделить факторы отрицательного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду;
2. Установить характер влияния отдельных химических элементов и соединений на окружающую среду и определить предельно-допустимые нормы загрязнения;
3. Составить перечень наиболее эффективных мероприятий, направленных на снижение отрицательного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду;
4. Дать рекомендации по рациональному природопользованию и способах проведения рекультивационных работ;
5. Обобщить существующую законодательную и правовую базу, касающуюся природоохранных мероприятий при ведении геологоразведочных работ.

## **1.2 Основные геоэкологические проблемы современности**

Бесконтрольное развитие производительных сил во многих развитых странах привело к ряду необратимых и весьма неприятных последствий. Мы не будем говорить здесь о вымирании огромного количества видов животных, многие из которых являются важными звеньями в экологической цепи, выкованной Природой за миллиарды лет естественного отбора. Обратим только внимание на одно немаловажное обстоятельство. Общеизвестно, что основным «поставщиком» свободного кислорода в атмосферу Земли является планктон. Несколько десятков процентов кислорода поставляется в атмосферу нашей планеты благодаря жизнедеятельности растений в тропических лесах. Сейчас, к началу XXI века, в связи с хищнической вырубкой практически уничтожены тропические леса Африки и Южной

Азии. Они остались только в бассейне Амазонки и, похоже, через несколько десятилетий будут и там уничтожены. Значит, бездумная деятельность экипажа космического корабля, называемого «Земля», уже теперь привела к нарушению кислородного баланса атмосферы.

Приведем другой пример. Сейчас ежегодно добывается топливо, соответствующее примерно 5 млрд. тонн каменного угля. Ежесекундное производство составляет около  $6 \cdot 10^{19}$  эрг, причем каждые 20 лет эта величина удваивается. Эта тенденция довольно устойчива и держится уже около 200 лет. При таких темпах через 200 лет производство энергии вырастет в тысячу раз и достигнет  $3 \cdot 10^{22}$  эрг/с. Вполне вероятно, что это наступит даже раньше, так как ресурсы угля и нефти сравнительно невелики и в ближайшие десятилетия следует ожидать революции в энергетике, связанной с массовым производством ядерной энергии.  $3 \cdot 10^{22}$  эрг/с составляют уже около 1 % потока солнечной энергии, не прерывно падающей на Землю. Дальнейшее увеличение производства энергии с неизбежностью повлечет за собой изменение теплового режима Земли, что может привести к весьма неприятным последствиям.

С другой стороны, топливо сжигается, т. е. соединяется с атмосферным кислородом. В результате получается углекислый газ плюс энергия, которая и утилизируется. Следовательно, этот варварский способ получения энергии сопровождается изъятием из земной атмосферы около 20 миллиардов тонн кислорода ежедневно. Много ли это или мало? Чтобы ответить на этот вопрос, оценим полное количество кислорода в земной атмосфере. Это очень легко сделать. Над каждым квадратным сантиметром земной поверхности имеется около 200 г кислорода. Так как поверхность земного шара приблизительно равна 500 миллионов км<sup>2</sup> или  $5 \cdot 10^{18}$  см<sup>2</sup>, полное количество кислорода в земной атмосфере около  $10^{21}$  г или  $10^{15}$  т. Это означает, что для «поддержания» горения добываемого на Земле топ-

лива земной атмосферы хватит на 50000 лет. Однако подчеркнем, что на Земле действуют и другие естественные причины, приводящие к связыванию свободного кислорода ее атмосферы.

Неразумное вмешательство людей в этот миллионами лет устоявшийся кислородный баланс Земли привело к тому, что он нарушается как бы «с двух концов»: уничтожая леса, мы уменьшили «поставку» кислорода в атмосферу по крайней мере на 10%, сжигая его с топливом, увеличили скорость его ухода из атмосферы на несколько процентов. Если бы в атмосфере кислорода было сравнительно немного — последствия сказались бы очень скоро. Но так как кислорода в земной атмосфере запасено очень много — последствия скажутся только через несколько тысяч лет — характерное время установления динамического равновесия кислорода в атмосфере. Через этот промежуток времени, благодаря деятельности людей за последние несколько десятилетий, равновесное количество кислорода в земной атмосфере уменьшится примерно на 15 — 20 %.

Но ведь сейчас темп добычи ископаемого горючего и его сжигания продолжает расти! Если так будет продолжаться, то через сотню лет добыча угля и нефти увеличится в несколько десятков раз. А это приведет к катастрофическому уменьшению кислорода в земной атмосфере за какие-нибудь несколько сот лет! Заметим, что мировых ресурсов угля и нефти, особенно еще не разведанных, вполне достаточно для этого самоубийственного дела: не забудем, что каменный уголь — это бывшие растения! Такая «деятельность», с позволения сказать, «разумных» существ приводит к непрерывному увеличению содержания углекислого газа  $\text{CO}_2$ , что, помимо других вредных последствий, резко нарушает тепловой баланс Земли, о чем речь уже шла раньше.

Приведем теперь другой пример. Недавно было обращено серьезное внимание на угрозу разрушения озонового слоя Земли некоторыми газооб-

разными промышленными отходами. Наиболее опасными разрушителями этого слоя являются молекулы, входящие в разные сорта фреона, — вещества, заполняющего все холодильники. Эти молекулы содержат хлор и фтор. В настоящее время ежегодно около 10 миллионов тонн испарившегося фреона поступает в атмосферу. Там молекулы фреона перемешиваются с ее основными компонентами и заносятся при этом на высоты 20 — 30 км, где жадно вступают в химические соединения с молекулами озона. При последующих реакциях с молекулами кислорода фреон опять восстанавливается и, таким образом, он постепенно накапливается в верхних слоях атмосферы. В настоящее время мировое производство фреона растет примерно на 20 % в год. Если в ближайшие годы это безобразие не прекратить, то, как показывают расчеты, через несколько десятилетий толщина озонового слоя в атмосфере начнет ощутимо уменьшаться. Но ведь хорошо известно, что слой озона — это броня, защищающая биосферу от губительных ультрафиолетовых лучей Солнца в диапазоне длин волн 0,24 — 0,29 мкм. Неразумное и даже самоубийственное поведение человечества вполне можно уподобить поведению сошедшего с ума экипажа космического корабля, буравящего его стенки, что неизбежно приведет к разгерметизации.

Вдумаемся, что происходит: миллиарды лет создавался удивительно тонкий и сложный баланс биосферы Земли. И вот появляется, казалось бы, самый совершенный продукт эволюции биосферы — человек, называющий себя разумным, и варварски разрушает то, что привело к его появлению и без чего невозможно его дальнейшее развитие и совершенствование.

Не подлежит сомнению, что неограниченно растущий технологический потенциал развивающегося общества за сравнительно короткое время должен вступить в противоречие с ограниченностью естественных ресурсов Земли. Уже в наше время все большее и большее внимание уделяется угрожающему нарушению равновесия между человечеством и окружаю-

щей его экологической средой — биосферой. Проблема загрязнения атмосферы, мирового океана и внутренних водоемов, почвы и растений становится весьма острой. Бесконтрольное стихийное развитие производительных сил может привести человечество к катастрофе.

Поэтому только принятие самых радикальных мер в течение ближайших 2—3 десятилетий может предотвратить самоубийство человечества. Какие это меры? Прежде всего — революция в энергетике, переход на использование атомной и солнечной энергии. Это избавит человечество от кошмара загрязнения атмосферы и обеднения ее кислородом, но может породить новые проблемы, не менее острые. Но так или иначе, мы всегда должны помнить, что находимся на космическом корабле с конечными ресурсами, с которыми обращаться следует с величайшей осторожностью.

Человечество, возникшее как часть биосферы, вышло из состояния равновесия с этой оболочкой Земли, что неизбежно должно привести его к критической ситуации, к необходимости сделать выбор и коренным образом изменить стратегию своего поведения. От этого будет зависеть вся предстоящая история человечества. Как же будет выглядеть развитие человечества в будущем?

Всестороннее математическое исследование этой проблемы в последние годы проводилось группой весьма компетентных специалистов, известных под названием «Римский клуб». Сложность задачи состоит в том, что параметры развития человечества (например, промышленное производство на душу населения, загрязнение среды обитания и пр.) являются взаимно связанными. Надо еще иметь в виду, что все глобальные процессы (рост производства и народонаселения, загрязнение среды обитания и пр.) имеют инерцию. Математически задача сводится к решению системы из многих тысяч совместных дифференциальных уравнений, что можно было

сделать только с помощью современной вычислительной техники. Соответствующая этой задаче область науки известна как системный анализ.

Время исчерпания ресурсов вычислено в предположении, что в течение будущих десятилетий разведанные ресурсы вырастут в пять раз по сравнению с данными, имеющимися на сегодняшний день. Конечность ресурсов Земли и их грядущее исчерпание в сочетании с прогрессирующим загрязнением среды обитания является решающим фактором в будущей истории нашей цивилизации. При этом участники «Римского клуба» особенно тщательно исследовали вопрос о загрязнении окружающей среды деятельностью человека.

### **1.3 Экологические проблемы, связанные с проведением геологоразведочных работ**

С точки зрения планирования жизнедеятельности существует два основных подхода к охране окружающей среды: с точки зрения опасности и ресурсов. Иными словами, человек должен учитывать потенциальные опасности, связанные с разведкой и переработкой полезных ископаемых, и с другой стороны, бережно относиться к ресурсам, разбираться в естественных процессах и жить в пределах ограничений, обусловленных этими процессами.

В связи с этим, природоохранная практика развивается по двум направлениям: 1) охрана природных ресурсов от хищнической эксплуатации и 2) ограничение выброса загрязняющих веществ в окружающую среду.

Характерной особенностью системы природопользования в любых странах является то, что уровень загрязнения окружающей среды в них тесно связан с общим уровнем промышленного развития. На начальных

этапах промышленного развития уровень загрязнения почти не ощутим, и общество не считает необходимым осуществлять мероприятия по охране окружающей среды. Однако, с ростом валового национального продукта, уровень загрязнения постепенно растет, и, в конце концов, повышается настолько, что общество перестает с этим мириться и вынуждено направлять часть валового национального продукта на природоохранные мероприятия. Как следствие этого, уровень загрязнения окружающей среды быстро снижается. При благоприятном развитии общества и сбалансированной законодательной системы этот уровень удастся удерживать на протяжении достаточно длительного периода.

Однако, мировая практика показывает, что долгое время сдерживать потребление природных ресурсов одними только законодательными актами не получается, поскольку постоянно развивающийся производственный процесс требует все большего потребления этих ресурсов.

Для урегулирования сложившейся ситуации важно четко представлять весь комплекс проблем, связанных с деятельностью горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий, среди которых наиболее значимыми являются:

1. Истощение минерально-сырьевых ресурсов;
2. Отчуждение плодородных пахотных земель для нужд горнодобывающего производства;
3. Нарушение природных ландшафтов (что определяет необходимость проведения рекультивационных мероприятий);
4. Загрязняющее воздействие на окружающую среду, при проведении геологоразведочных и горных работ;
5. Загрязнение окружающей среды в результате переработки, транспортировки и использовании полезных ископаемых промышленными предприятиями.

Анализ последних десятилетий указывает на ускоряющиеся темпы индустриализации мировой экономики, обусловливаемые ростом населения и необходимостью удовлетворения растущих потребностей при существенном увеличении энергоемкости и материалоемкости современного производства. Причем последнее базируется на экстенсивном освоении земель и все увеличивающемся совокупном объеме добываемого сырья.

Каждый год мировая промышленность в целях удовлетворения материальных потребностей общества изымает из недр Земли, а также берет у растений и животных 10-11 млрд. т вещества. Из них около 5 млрд. т — химическое топливо (продукты окисления которого выбрасываются в атмосферу). Конечная продукция промышленности в виде металлов, пластмасс, текстиля, цемента, древесины и много другого составляет 2 млрд. т. Следовательно, остальные 8-9 млрд. т веществ представляют собой отходы, как правило, загрязняющие окружающую среду [3].

В результате отвода земель для строительства и горных разработок человечество за исторически обозримое время вывело из сельскохозяйственного оборота около 2 млрд. га территории, и её совокупная пашня составляет теперь лишь 1.5 млрд. га или 0,3-0,4 га на каждого жителя планеты [8].

Добыча полезных ископаемых открытым или подземным способом, как правило, сопровождается образованием, с одной стороны, пустот и выемок (способствующих возникновению оползневых явлений и проседанию поверхности), а с другой — формированием колоссальных отвалов «пустых» пород. В условиях развития современной горной промышленности, когда в мире ежегодно добываются миллиарды кубических метров горной массы, нас повсюду окружают преимущественно нестабильные ландшафты. Причем, существующая тенденция к увеличению глубины горных вы-

работок и вовлечение в разработку месторождений с низким содержанием полезного компонента, только усугубляет эти процессы.

Все сказанное выше, так или иначе, связано с изменением поверхности Земли, её морфологи, рельефа и формированием новых техногенных ландшафтов.

Добыча и переработка полезных ископаемых оказывает негативное воздействие на атмосферу, гидросферу и биосферу. Наряду с загрязнением окружающей среды твердыми веществами, ежегодно предприятиями горной промышленности выбрасывается около 400 млн. т техногенных окислов серы, азота, углерода, а также взвешенных частиц и аэрозолей. Причем почти 90 % источников этих выбросов расположено в северном полушарии. В результате этого отмечается увеличение кислотности атмосферных осадков, а также кислотность вод в водоемах и реках, нарушается экологическое равновесие в природе.

Сотворенная человеком техносфера поглощает кислорода почти в 15 раз больше, чем все человечество, что отрицательно сказывается на некоторых биохимических природных явлениях. Кислород необходим для получения большинства видов энергии, возникающей при сгорании топлива. В результате ежедневно из атмосферы изымается около 20 млрд. т кислорода, что позволяет ежесекундно получать энергию, равную  $6 \cdot 10^{19}$  эрг. Причем эта цифра имеет тенденцию к экспоненциальному увеличению. При таких темпах, через каких-нибудь 100 лет мировое производство энергии может сравниться с величиной, равной 1 % потока солнечной энергии, что естественным образом скажется на тепловом режиме Земли.

Следует также отметить, что до недавнего времени человечество в вопросах охраны окружающей среды проявляло своеобразную инертность. Сталкиваясь с тем или иным отклонением от нормы, человек фиксировал его, анализировал, дожидался, когда оно приведет к какому-то ущербу, и

лишь после этого, часто ценой больших усилий, начинал заниматься ликвидацией этого отклонения или уменьшением его влияния.

Однако в последнее время в обществе наметились реальные положительные сдвиги в развитии не стихийно-потребительских, а научно обоснованных отношений к природе. Не малая заслуга в этом принадлежит геоэкологии — науке занимающейся изучением взаимоотношений между живыми организмами (прежде всего человеком) и геологической средой, возникающими в процессе разведки, добычи и переработки месторождений полезных ископаемых.

В соответствии с существующими научными разработками в сфере сохранения окружающей среды принято выделять ряд особенностей, связанных с геологоразведочной деятельностью. Одной из таких особенностей является временный характер существования горного производства: при истощении месторождений полезных ископаемых горные работы прекращаются. В связи с этим в целях сведения к минимуму ущерба, наносимого окружающей среде, проектирование и производство горных работ должны вестись так, чтобы формируемые при этом новые техногенные ландшафты (выемки, отвалы, шахты и штольни) могли в последующем с максимальным эффектом использоваться для других народнохозяйственных целей. Такое активное улучшение ландшафтов с приданием им заранее спланированного вида является важным условием снижения вредного воздействия на окружающую среду.

Другой особенностью является генеральный принцип экономического развития промышленных районов, выдвинутый в последнее время в ряде прогрессивных стран: необходимо соблюдать приоритет интересов горного дела по отношению к другим видам экономической деятельности в данном регионе. В противном случае, созданные промышленные предприятия, города или поселки могут в последующем оказаться в пределах рудных полей

и горных отводов, что в свою очередь потребует применения особо сложных и дорогостоящих технических решений по извлечению полезных ископаемых из-под сооружений, переноса строений на другой участок, либо полного отказа от добычи сырья. Возможна и обратная ситуация, когда населенные пункты с развитой инфраструктурой окажутся очень далеко от месторождений, что потребует создания новых инженерных сооружений и дополнительных линий коммуникации. Отрицательное влияние и той и другой ситуации на геологическую среду трудно переоценить. Поэтому тщательная геологическая разведка месторождений полезных ископаемых в районах их проявления и приоритетное развитие в них горной промышленности являются важнейшими задачами в общем решении проблемы сохранения окружающей среды.

Наконец, третьей особенностью охраны окружающей среды является использование четких количественных критериев допустимых нарушений окружающей среды, не оказывающих вредного воздействия на общую экологию района. Введение таких критериев позволяет более обоснованно защищать окружающую среду от различного рода вредного воздействия.

В качестве примера можно привести некоторые количественные критерии по охране атмосферы (табл. 1).

Таким образом, тщательный и всесторонний учет количественных и качественных показателей воздействия горных работ на окружающую среду позволит снизить его вредное проявление до минимума.

Таблица 1

**Предельно допустимая концентрация основных вредных примесей  
в воздухе на уровне дыхания**

№ п/п	Основные вредные примеси	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1	Пыль разовая	0,5
2	Пыль среднесуточная	0,15
3	Сернистый газ	0,5
4	Окись углерода	3,0
5	Двуокись азота	0,085
6	Сажа	0,15
7	Сероводород	0,008
8	Сероуглерод	0,03
9	Фенол	0,01
10	Хлор	0,1
11	Фтористый водород	0,02
12	SO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub>	Менее 1
13	SO <sub>2</sub> + HF	Менее 1

#### **1.4 Факторы отрицательного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду**

Для выполнения планомерной работы по снижению негативного влияния геологоразведочных работ на окружающую среду необходимо произвести классификацию факторов такого отрицательного воздействия. Однако, следует признать, что подобной единой классификации до сих пор еще не разработано. Ряд авторов [1,4] предлагают отгалькиваться от видов нарушений, связанных с деятельностью геологических производств, другие [6] пытаются дифференцировать имеющиеся негативные последствия по признаку воздействия на конкретную среду обитания (атмосферу, гидросферу, верхнюю часть литосферы, биосферу); третьи [3] предпочитают

устанавливать причинно-следственные связи и комплексно решать возникающие проблемы. Ниже мы приводим один из вариантов такой классификации, которая может быть принята специалистами на вооружение (таблица 2).

Таблица 2

Факторы отрицательного воздействия геологоразведочных работ  
на окружающую среду

Причины, вызывающие нарушения окружающей среды	Характерные виды нарушений
<b>Геомеханические</b>	
Отсыпка отвалов, строительство карьеров, сооружение отстойных прудов, разнообразных насыпей и траншей. Деформации поверхности в результате разработки месторождений. Монтажные работы, воздействие тяжелого оборудования и т.п.	Изменение рельефа местности, геологической структуры горного массива, грунтов и самой почвы. Механические повреждения почвы. Уничтожение почвы и создание биологически стерильных территорий. Изменение структуры использования поверхности. Повреждение строительных объектов и инженерных сооружений
<b>Гидрологические</b>	
Дренирующее воздействие подземных и открытых горных выработок на окружающий породный массив. Деформация поверхности в связи с дренажом подземных вод. Отсыпка отвалов, строительство карьеров, сооружение отстойных прудов. Смещение русел водотоков, сооружение водоемов, водных перепадов и других гидротехнических объектов. Загрязнение вод. Откачка подземных вод для различных целей. Дренаж месторождений.	Изменения уровня подземных вод и их движения, а также гидрографической сети. Ухудшение качества вод неглубоко залегающих водоносных горизонтов, инженерно-геологических констант подпочвенных грунтов, водного режима в почве. Уменьшение запасов подземных вод. Увеличение суффозии и механического уплотнения грунтов. Изменение морфодинамического режима рек. Возникновение пойм.

Химические	
Эмиссия газов и химически активной пыли. Сбросы загрязненных вод. Воздействие токсичных компонентов, находящихся в отвалах и хвостохранилищах	Изменение состава и свойств атмосферного воздуха, вод (подкисление, засоление, загрязнение), почв (подкисление, алкализация, засоление, увеличение фитотоксических элементов, другие типы загрязнений)
Физико-механические	
Эмиссия пыли и аэрозолей. Сбросы вод, загрязненных суспензией и гидрозолями	Изменения состава и свойств атмосферного воздуха и вод. Кольматация русел водотоков. Изменения свойств почвы
Термические	
Загрязнение воздуха. Сбросы подогретых вод. Нагнетание подогретых вод в горный массив.	Изменение состава и свойств атмосферного воздуха, а также биохимических процессов в воде. Изменение микроклимата.

Подобная классификация позволяет проследить причинно-следственные связи в процессе загрязнения окружающей среды, что в свою очередь обеспечивает формирование четкой стратегии и тактики её защиты от вредных воздействий, выделяя первоочередные объекты защиты и те методы, с помощью которых возможно достижение максимального положительного эффекта.

### 1.5 Влияние горной промышленности на литосферу

Специфическая особенность размещения предприятия горной промышленности заключается в том, что они могут создаваться только там, где имеются залежи полезных ископаемых. При этом горные предприятия обычно являются основой для образования крупного производственного комплекса из предприятий различных отраслей промышленности со слож-

ной инфраструктурой. В связи с этим нагрузки на окружающую среду увеличиваются.

К основным нарушениям окружающей среды, возникающим в процессе ведения горных работ, относятся: нарушения поверхности земли в связи с изъятием из недр полезных ископаемых; ухудшение гидрологических режимов в пределах горных отводов и в примыкающих к ним районах; изменение ландшафтов и создание неудобств местным жителям.

Существование любого предприятия немыслимо без определенного минимума земельной территории. Кроме площадей, требуемых для строительства поверхностных комплексов и рабочих поселков, для функционирования горных предприятий необходимы крупные земельные участки, в пределах которых находятся месторождения полезных ископаемых — горные отводы. Часто это громадные территории с ценными землями, с эффективно эксплуатируемыми старыми застройками, с развитой инфраструктурой или используемые в сельском хозяйстве.

В соответствии со ст. 11 Закона РФ «О недрах» представление лицензий на пользование недрами осуществляется с предварительного согласия органа управления земельными ресурсами либо собственника земли на отвод соответствующего земельного участка для целей недропользования. Отвод земельного участка в окончательных границах и оформление земельных прав пользователя недр осуществляется в порядке, предусмотренном земельным законодательством, после утверждения проекта работ по недропользованию.

Общая площадь земельных участков, используемых предприятием за весь срок его существования, составляет общий земельный отвод. В ходе строительства, эксплуатации и реконструкции предприятия величина земельного отвода может изменяться как в сторону увеличения при получении в пользование новых земель, так и в сторону уменьшений при воз-

вращении землепользователем неиспользованных и рекультивированных площадей и земельных участков, надобность в которых миновала.

При этом, однако, следует иметь в виду, что владение горными предприятиями горными отводами носит исключительно временный характер: по окончании разработки месторождения полезных ископаемых земельная территория после рекультивации должна быть передана для её традиционного использования (если проектом развития территории иная форма использования данного участка земли не предусмотрена).

В земельном отводе выделяются следующие группы участков, предназначенных:

- для руководства собственно горных работ; такие участки предоставляются во временное пользование, кроме площадей под внешние отвалы и хвостохранилища, которые в основном передаются в долгосрочное пользование,

- для размещения основных технологических и вспомогательных сооружений, в том числе очистных и водозаборных сооружений водохранилищ, базисных и расходных складов взрывчатых материалов, внутриплощадных коммуникаций и т.д., объектов инфраструктуры; такие земельные участки, как правило, предоставляются горным предприятиям в постоянное или временное долгосрочное пользование;

- для размещения гражданских и жилых зданий, строительства поселков горных предприятий или зданий и сооружений для нужд горных предприятий на существующих территориях; такие земельные участки предоставляются в постоянное пользование;

- для размещения различного рода коммуникаций (линейных сооружений): железных и шоссейных дорог, линий электропередачи, связи, газо-, нефте- и водопроводов, канализации и пр.; такие земельные участки в зави-

симости от назначения коммуникаций и сроков их эксплуатации передаются в постоянное или временное пользование.

Ареал отрицательного воздействия горного предприятия на окружающий ландшафт значительно превышает площадь земельного отвода; что ухудшает экологическую обстановку в районе горного предприятия.

Воздействие горного производства на земли (ландшафт) можно разделить на прямое и косвенное.

К первой группе относят воздействия, приводящие к нарушению почвенного покрова, изменению облика территорий, сокращению площадей сельскохозяйственных и лесных угодий, уничтожению растительного покрова или миграции животных: строительство карьеров и разрезов, возведение отвалов, сооружение хвосто- и водохранилищ, строительство промышленных и гражданских зданий, прокладка дорог и других видов коммуникаций, деформации земной поверхности в зоне горных выработок, особенно при подземном способе разработки. Прямое воздействие приводит к образованию нового техногенного ландшафта в зоне влияния горного производства.

Ко второй группе относят воздействия, приводящие к ухудшению состояния и плодородия земель, условий произрастания растений и обитания животных: изменение состояния и режима грунтовых вод в связи с осушением месторождений, осаждение пыли и химических соединений из выбросов в атмосферу, инфильтрация загрязненных или минеральных вод через дамбы и основания хвосто- и водохранилищ, вынос и осаждение продуктов эрозии нарушенных земель, подтопление и заболачивание участков земель с близко расположенным уровнем грунтовых вод при деформациях земной поверхности в зоне подземных горных работ, ухудшение качества вод и режима поверхностных водоемов и водотоков. Косвенное воздействие может привести к деградации природного ландшафта.

Характеристика прямого воздействия горного предприятия на земли составляется на основе материалов текущего учета состояния земель и их периодической инвентаризации.

Характеристика косвенного воздействия основывается на определении размеров территории, подверженной этому воздействию, степени изменения состояния и качества почв, снижения продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий, изменения качества их продукции.

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

В США больше половины отчуждаемых земель приходится на карьеры (около 59% всех земель, отведенных под горные работы), 20% — на карьерные отвалы, 13 % — на хвостохранилища обогатительных фабрик, 5 % — отвалы подземных горных предприятий и 3 % превращены в неудобные земли вследствие проседания и провалов земной поверхности [13]. Аналогичная ситуация отмечается и в нашей стране. Так в СССР на долю месторождений полезных ископаемых, обрабатывавшихся открытым способом приходилось 75 % объема горного производства. При добыче 1 млн. т железной руды нарушается от 14 до 640 га земель, марганцевой руды — от 76 до 600 га, угля — от 2,6 до 43 га, руд для производства минеральных удобрений — от 22 до 97 га, при добыче 1 м<sup>3</sup> нерудного сырья — от 1,5 до 583 га. По мере исчерпания запасов осваиваются месторождения с

более сложными горно-геологическими условиями разработки, что приводит к дальнейшему увеличению землеемкости горного производства.

Ежегодно горными работами нарушается около 50 000 га земель, из которых отвод земель только предприятиями, добывающими уголь открытым способом, составляет более 18 тыс. га.

С другой стороны, извлечение твердых полезных ископаемых из недр открытым и подземным способом вызывает нарушение поверхности над отработанными площадями и формирование в районе горных работ породных отвалов и отвалов забалансовых руд. Горно-техническая деятельность способствует образованию техногенного ландшафта с контрастными формами рельефа. В зависимости от масштаба воздействия изменения природных ландшафтов в основном локальны, и только в таких крупных горно-промышленных районах, как Донбасс, Кривбасс, КМА, изменения приобретают региональный характер.

По оценкам специалистов в ближайшее время только в 13 штатах США, расположенных к западу от бассейна р. Миссисипи, проседанию земель над выработанными угольными пластами будет подвержено около 133 км<sup>2</sup> поверхности. В округе Белмонт (США) с территорией 137 тыс. га карьерами и отвалами занято 80 тыс. га, представлявшими до выполнения рекультивации экологическую пустыню.

Большие проблемы с охраной земельных ресурсов возникают при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом в ФРГ. Крупнейший на Западе Рейнский буроголовый бассейн занимает площадь 140 тыс. га. Объем складированных в отвалы вскрышных пород составляет 500 млн т. С момента начала освоения бассейна были переселены 21 тыс. чел. из 45 населенных пунктов, намечено переселить еще 15 тыс. чел. Таким образом, угольные разрезы интенсивно наступают на земельные угодья.

Негативное влияние разработки природных ресурсов на земную поверхность, особенно заметное в последние десятилетия, проявляется в виде опускания земной поверхности, которое зафиксировано:

- ◆ в Австралии — при водопонижении при добыче полезных ископаемых, питьевом и промышленном водозаборе;
- ◆ в Японии — при эксплуатации подземных водозаборов и добыче природного газа;
- ◆ в Великобритании (Чешир) — при добыче каменной соли.

Оседание земной поверхности в Чешире достигло 15 м, площадь осевшей территории в долине Сан-Хоакин (Калифорния, США) составляет 13,5 тыс. км<sup>2</sup>. В Японии насчитывается более 40 районов оседания земной поверхности общей площадью 7 380 км<sup>2</sup>, из них площадь, равная 1 200 км<sup>2</sup>, находится ниже уровня моря. Опускание земной поверхности происходит, как правило, в виде внезапного обрушения или плавного оседания.

Эти факторы напрямую связаны со степенью рационального использования земных недр, которая определяется двумя важнейшими параметрами: потерями при добыче и разубоживание полезного ископаемого. Так потери угля при подземной добыче составляют более 30%. На открытых рудниках — 10%. При добыче вольфрам-молибденовых руд подземным способом достигают 10-12%, а при открытом — 3-5% [15]. Необходимость компенсации экономического ущерба от потерь полезных ископаемых приводит к строительству новых предприятий с отторжением новых земель и ухудшению экологической обстановки.

Не менее важным условием общего оздоровления окружающей среды является снижение разубоживания полезных ископаемых, т.е. их обеднение в результате смешивания с пустыми породами при добыче и транспортировке, что увеличивает количество обогащаемого материала (а следовательно и твердых отходов обогащения) в среднем на 20-25%.

Экономические расчеты показывают, что каждый процент снижения потерь при добыче дает снижение себестоимости готовой продукции на 5%, а разубоживания — на 2%, тогда как повышение производительности труда на 1 % обеспечивает снижение стоимости конечной продукции лишь на 0,2%.

При разработке месторождений открытым способом в аридных районах много внимания приходится уделять стабилизации отвалов, предохранению их от интенсивного развевания, а также предотвращению оползневых явлений. В районах же с многолетней мерзлотой нарушение почвенного покрова влечет за собой быстрое развитие весьма нежелательного термокарстового процесса.

Отрицательным фактором влияния открытого способа разработки на окружающую среду является также изменение гидрогеологии прилегающих к карьерам территорий. Борьба с водопритоками из вскрытых и залегающих ниже водоносных горизонтов приводит к развитию больших *депрессионных воронок*, в пределах которых из-за обезвоживания существенно изменяется или даже деградирует видовой состав растительности. Нарушение структуры почвы ускоряет развитие эрозионных процессов на территориях, прилегающих к карьерам, вызывая побочные нарушения земной поверхности далеко от их контуров. Сформировавшаяся депрессионная воронка провоцирует оседание грунтов с образованием на поверхности *мульд проседания*, часто заполняемых дождевыми и талыми водами.

Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом, требуя существенно меньших территорий под горный отвод, не вызывает столь значительных нарушений и изменений ландшафтов и инфра-

структуры, как открытые горные работы. Однако и здесь имеются свои проблемы. Сопутствующие подземным разработкам изменения окружающей среды связаны главным образом с сдвижением массивов налегающих горных пород. Обычны два вида сдвижения подработанных массивов горных пород — плавное, без разрыва сплошности и интенсивное, с разрывом сплошности; возможны комбинации этих видов сдвижения (рис. 1).

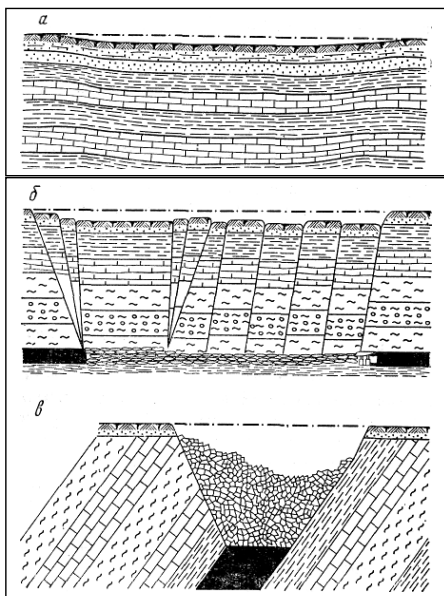


Рисунок 1 – Характерные виды сдвижения массивов горных пород при подземной разработке месторождений полезных ископаемых:

- а — плавное, без нарушения сплошности налегающих пород;
- б — блоками, с нарушением сплошности налегающих пород;
- в — с обрушением и разрывом сплошности налегающих пород

При плавном сдвижении массива горных пород, которое наблюдается при разработке осадочных пластовых месторождений с малыми углами падения, образуются мульды проседания земной поверхности на больших

площадях с глубиной распространения до горизонтов очистных работ. Сдвигение налегающих пород с разрывом их сплошности, которому свойственны внезапность и быстрота протекания, ведет к возникновению на земной поверхности разнообразных провалов.

Любые виды сдвижений подработанных массивов горных пород вносят в окружающую среду в принципе те же изменения, что и открытые горные работы. Это, в первую очередь, — нарушение ландшафта и гидрологии подземных вод. Подрабатываемые площади земли на долгое время исключаются из сельскохозяйственного оборота. Поверхность земли, подвергшаяся деформациям, может быть подтоплена, и тогда требуется осушение ненарушенных горными работами водоносных участков и т. д.

Сдвигение горных пород иногда может сопровождаться самовозгоранием полезных ископаемых и вмещающих пород: углей, углистых сланцев, сульфидных руд, пиритизированных пород. Эндогенные пожары, охватывая обширные площади или большие массивы пород, затрудняют эксплуатацию месторождений, снижая экономическую эффективность разработки, усугубляя процессы обрушения налегающих пород и изменения ландшафтов, загрязняя атмосферу газообразными продуктами горения.

Второй основной фактор, вызывающий нежелательные изменения в ландшафте, связан с необходимостью отсыпки выдаваемых на поверхность пустых пород. Не покрытые растительностью породные отвалы, отвалы бедных руд, занимающие большие площади гидроотвалы обычно вносят негативный диссонанс в ландшафт, но главное, — занимают большие площади пригодных для сельского хозяйства земель, нанося значительный ущерб окружающей природе. Недействующие отвалы, если их не обезопасить полностью, могут стать источниками несчастных случаев и даже ката-

строф: быстрое перемещение больших объемов пород отвалов может разрушить расположенные вблизи здания, сооружения, дороги и т. п.

Печален в этом отношении случай из практики угольной промышленности Великобритании. Неправильная отсыпка конических отвалов привела 21 октября 1966 г. к гигантской катастрофе в Эйберфенсе (Южный Уэльс): на шахте «Мертир Вэйл» № 7 внезапно сползли переувлажненные породы отвалов, в результате чего погибло 144 человека [13].

Разработка месторождений подземным способом без деформации подрабатываемых пород пока невозможна. Однако если системам разработки с обрушением налегающих пород свойственны максимальные деформации и применением этих систем окружающей среде наносится наибольший ущерб, то системы разработки с закладкой выработанного пространства обеспечивают минимальные деформации пород и, следовательно, их влияние на окружающую среду ничтожно. Поэтому совершенно очевидна эффективность применения систем разработки с закладкой выработанного пространства, обеспечивающей наименьшие подвижки подрабатываемого горного массива.

## **1.6 Влияние горной промышленности на атмосферу**

Осуществляя разработку недр, человек вновь приводит недр, содержащиеся в них газы и воду к контакту с земной атмосферой. Метан и другие углеводороды, образовавшиеся в погребенных породах миллионы лет назад, выделяются в атмосферу при разработке месторождений угля, нефти и газа, а также некоторых рудных месторождений, что связано с присутствием в самих месторождениях или окружающих их породах газоносных формаций.

При разработке месторождений полезных ископаемых в атмосферу могут выделяться и другие газы: сернистый газ, углекислота, окись углеро-

да, сероводород, водород, азот, гелий, радон и др. Общее их количество в земной атмосфере незначительно (исключая азот), однако в масштабе отдельных предприятий могут возникать различные аномалии, влекущие за собой негативные последствия.

В таблице 3 приведены данные о видах и источниках загрязнения при открытом и подземном способах разработках.

Существенная роль в загрязнении воздушного бассейна принадлежит обогатительным фабрикам и цехам переработки добытых полезных ископаемых, хвостохранилищам и шламонакопителям.

Таблица 3

Источники и виды загрязнения воздушного бассейна при открытом и подземном способах разработки

Способ разработки	Загрязнение	Источник загрязнения
Подземный	Пылегазовое	Рудничный воздух из подводных выработок
	Пылевое	Эрозия поверхности отвалов и терриконов; погрузочно-транспортные работы
	Газовое	Самовозгорание угля и пород в отвалах терриконах
Открытый	Пылевое	Эрозия поверхности отвалов и уступов
	Газопылевое	Массовые взрывы
	Газовое	Автотранспорт с двигателями внутреннего сгорания

Выделяются неорганизованные (рассредоточенные) и организованные (сосредоточенные) выделения или выбросы в атмосферу. К группе *неорганизованных* относятся: выделения, определяемые ветровой эрозией (дефляцией) нарушенных участков земной поверхности, в том числе открытых

горных выработок, отвалов, складов, хвосто- и шламохранилищ; химические газовыделения по всей технологической цепи горного производства при буровзрывных работах, экскавации, транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах на складах добытого полезного ископаемого и пр. Источники неорганических выбросов рассредоточены на относительно больших территориях. Их расположение, параметры (площадь, объемы) могут определяться во времени и пространстве. Ряд источников неорганизованных пылегазовыделений обладает периодичностью действия. Эта периодичность, а также интенсивность пылегазовыделений зависят от природно-климатических условий (скорости ветра, количества и периодичности выпадения атмосферных осадков, температуры воздуха, мощности снежного покрова и пр.), расположения источников пылегазовыделений по отношению к розе ветров. Уже при скорости ветра 2 м/с сухая пыль сдувается с поверхности техногенных образований и переносится на значительные расстояния. При этом концентрация пыли значительно превышает допустимые значения.

Предприятия горной промышленности можно также упрекнуть в том, что они поставляют потребителям недоброкачественное сырье (например, уголь, сланцы и нефть с высоким содержанием серы, руды с вредными примесями), использование которого сильно загрязняет атмосферу.

Вызываемое человеческой деятельностью загрязнение земной атмосферы на 90% представлено газами и на 10% — аэрозолями. Эти источники загрязнения сконцентрированы в отдельных промышленных районах, в основном в странах северного полушария. Наиболее обильное пылеобразование происходит на горных предприятиях, разрабатывающих месторож-

дения открытым способом (карьерах, разрезах, каменоломнях), особенно в засушливых и ветреных районах.

По немногим публикациям [2,5,8,22], освещающим вопросы загрязнения атмосферы рудниками (шахтами), обогатительными фабриками и металлургическими заводами, можно констатировать, что основная масса пыли выбрасывается в атмосферу рудоперерабатывающими предприятиями.

Так, на территории рудного пояса юго-восточной части штата Миссури (США) содержание металлов, вынесенных в атмосферу с пылью при добыче и переработке руды, а затем сконцентрированных в верхнем слое почвы толщиной до 25 мм, составило: свинца — 147,4—276,2 мг, цинка — 40,7—95,1 мг, меди — 6,7—17,1 мг и кадмия — до 2,3 г на 1 м<sup>3</sup> почвы. В Уэльсе выявлены участки, почвы которых загрязнены цинком, свинцом, кадмием и медью. Содержание их на загрязненных участках выше, чем в нормальных почвах: свинца в 90, цинка в 31, кадмия в 15 и меди в 2,1 раза [6].

По продолжительности нахождения загрязняющих веществ в атмосфере их можно разделить на две группы: 1) с непродолжительным временем пребывания в атмосфере, которые, как правило, концентрируются в пределах сравнительно небольших районов; 2) находящиеся в атмосфере длительное время, которые распространяются над обширными территориями (табл. 4).

В стратосфере загрязняющие вещества держатся в течение несравненно более продолжительного времени, чем в тропосфере. В приповерхностном слое атмосферы концентрация этих веществ зависит от погоды,

высоты местности, формы рельефа, времени суток и других факторов. Находящиеся в атмосфере загрязняющие вещества подвергается фотолизу и окислению, вступают в химические реакции между собой.

Загрязнение атмосферы горными предприятиями с традиционными способами разработки зависит от геологической природы вмещающих месторождение формаций и от специфики ведения горных работ. Природные факторы определяют в основном газовую загрязненность, производственные — как газовую, так и пыле-аэрозольную загрязненность.

*Таблица 4*

Продолжительность пребывания некоторых загрязняющих веществ в атмосфере

№ п/п	Элемент или соединение	Химическая формула	Среднее время пребывания в атмосфере
1	Диоксид углерода	CO <sub>2</sub>	До 10 лет
2	Метан	CH <sub>4</sub>	4-7 лет
3	Оксид углерода	CO	4-6 месяцев
4	Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	8-11 суток
5	Оксид азота	NO	9 суток
6	Аммиак	NH <sub>3</sub>	5-6 суток
7	Диоксид серы	SO <sub>2</sub>	2-4 дня
8	Сероводород	H <sub>2</sub> S	От 12 часов до 4 суток

Основными загрязнителями атмосферы газами являются угольная, нефтяная и газовая отрасли промышленности. Предприятия по добыче и переработке нефти и газа загрязняют воздух углеводородами главным образом в период разведки месторождения (в нефтяной промышленности — также во время эксплуатации, когда попутный газ сжигается в факелах).

Предприятия по добыче и переработке угля загрязняют атмосферу метаном, в гораздо меньшей степени — углекислотой.

По результатам исследований, выполненных на хвостохранилище обогатительной фабрики АНОФ-2 ПО «Апатит», установлено, что ежегодно в течение июля — сентября в атмосферу выносятся 140-170 тыс. т пыли нефелиновых пород. При скорости ветра 3-5 м/с с 1м пылящей поверхности за сутки переносится в виде «поземки» до 70 кг пород пылевой фракции. В период активной ветровой деятельности запыление атмосферы в рабочих зонах достигает 23 мг/м при содержании SiO<sub>2</sub> в пыли до 32%, а в прилегающих жилых районах городов Апатиты и Кировск — 3-5 мг/м. В отдельных случаях возникают пылевые бури. Осаждаясь, пыль загрязняет почвы, водотоки и водоемы, в том числе оз. Имандра, угнетает растительность.

Загрязнение воздуха газами при ведении горных работ в значительной степени обусловлено применением взрывчатых веществ для отбойки руды (угля) и пород. За год при взрывных работах в атмосферу выделяется около 8 млн. т газов. Количество выбрасываемых в атмосферу пыли и газов зависит от объема взрываемых пород и количества взрывчатых веществ. При массовых взрывах образуется пылегазовое облако объемом до 15-20 млн. м. Высота подъема выбросов определяется сотнями метров, достигая 1500-1600 м. Пылегазовое облако распространяется на значительные расстояния от места взрыва. При массовых взрывах в карьерах Криворожского железорудного бассейна концентрация пыли в воздухе на расстоянии 1-1,5 км в течение часа составляет 6-10 мг/м, что в 15-20 раз превышает предельно допустимые концентрации для населенных пунктов.

Исследованиями состояния воздуха в районах карьеров на различных месторождениях полезных ископаемых установлено, что из пылегазового облака, образованного при массовых взрывах, в течение 1-4 ч в радиусе 2-4 км рассеивается от 200 до 500 т мелкодисперсной пыли, образуется также

при бурении взрывных скважин (до 93,3%) и при погрузке горной массы (до 98,4%).

Однако относительное значение этой величины весьма мало по сравнению с естественным газовыделением на шахтах (рудниках). Кроме того, основные компоненты газов взрыва — соединения инертные, не оказывающие вредного влияния на окружающую среду.

При разработке месторождений газы образуются и при самовозгорании угля, руд и вмещающих пород. Особую проблему создают самовозгорающиеся конусовидные отвалы горных пород (терриконы), содержащие органическое вещество или сульфиды различных металлов, которые, вступая во взаимодействие с кислородом, провоцируют возникновение экзотермических реакций с температурами в центре очага возгорания до 1400°C.

Формирование высоких (100 м) и сверхвысоких (250-300 м) породных отвалов на открытой местности приводит к возникновению интенсивных местных воздушных потоков.

Как отмечает В.Д.Горлов, скорость ветра существенно (в 1,6-3,3 раза) увеличивается в связи с ростом высоты породных отвалов. Так, приземная скорость ветра 5 м/с на высоте отвала в 300 м увеличивается до 15,6 м/с, а приземная скорость ветра в 10 м/с на высоте отвала в 300 м превращается в ураган со скоростью ветра свыше 30 м/с. Такие скорости крайне отрицательно действуют на работу людей и оборудования, занятых на отвальных работах.

Формирование высоких отвалов создает условия для проявления более интенсивной ветровой эрозии и приводит к значительному запылению прилегающих территорий. По данным И.В.Трещевского, с каждого гектара поверхности отвалов, сложенных породами легкого механического состава, ежегодно выносятся за пределы этих земель от 200 до 500 т пыли. Площадь

запыления составляет 500 га на 1 га отвальной поверхности. При этих расчетах рекомендуется принимать, что 50% откладывается на землях, прилегающих к отвалам, а 50% пыли длительное время перемещается с воздушными потоками.

Горящие породные отвалы выделяют от 5,3 до 22,6 кг/год оксида углерода на 1 т породы. Самовозгорание породных отвалов и терриконов наиболее характерно для угольных месторождений, где полезное ископаемое характеризуется выходом летучих веществ свыше 20% и содержанием серы более 3%. Установлено, что выделение газов с удельной поверхности такого породного отвала достигает 180 м<sup>3</sup>/ч.

Общеизвестно, каким мощным, по существу глобальным загрязнителем атмосферы является автотранспорт. Подсчитано, что их «вклад» в пылеобразование в отдельных случаях достигает 80-90% общего пылевого баланса карьеров. Запыленность воздуха в районе карьерных дорог в среднем составляет 100 мг/м<sup>3</sup>. На подземных работах, где приходится действовать в весьма стесненных условиях, обострилась проблема локальной борьбы с выхлопными газами.

Вынос в атмосферу мельчайших минеральных частиц — пыли в свободном состоянии и в виде аэрозолей как вид загрязнения воздуха характеризуется тем, что минеральные частицы загрязняют воздушное пространство главным образом вблизи предприятий и на непродолжительное время. Как правило, пыль оседает на почву, на поверхность водоемов, здания, сооружения и растительность и, таким образом, является загрязнителем окружающей среды. Опасность в этом случае тем более велика, что в почве и в водоемах непрерывно накапливаются вплоть до недопустимых концентраций вредные металлы или минералы.

Из приведенных данных следует, что проблему предотвращения загрязнения земной атмосферы предприятиями горной промышленности

наиболее целесообразно решать на нижней ступени производства, т. е. непосредственно в среде, окружающей горнорабочих в конкретных условиях каждого предприятия: от обеспечения трудящимся безопасных и комфортных условий труда до их полного вывода из забоев.

### **1.7 Влияние горной промышленности на гидросферу**

Почти любое проникновение человека в земные недра связано с необходимостью постоянной откачки подземных вод — рудничных, дренажных, артезианских. В результате этого породные массивы в пределах влияния горных работ или систем скважин осушаются, понижается зеркало грунтовых вод, иссякают источники, снижается дебит водотоков или они вовсе исчезают, ухудшается структура грунтов, проседает земная поверхность, резко снижаются урожаи сельскохозяйственных культур, и, наконец, обедняется или исчезает ранее активно действовавшая в районе, экологическая система.

Влияние горного производства на водный бассейн проявляется в изменении водного режима, загрязнении и засорении вод.

**Изменение водного режима.** При строительстве и эксплуатации карьеров и разрезов, рудников и угольных шахт, подземных транспортных и коммунальных туннелей и других сооружений существенные осложнения возникают из-за наличия подземных и поверхностных вод: происходит деформация горных выработок, снижается производительность оборудования, усложняется производство буровзрывных работ.

Поэтому отличительной особенностью горного производства является необходимость осушения месторождений полезных ископаемых. С этой целью с территорий намечаемых к разработке месторождений или их участков переносятся поверхностные водоемы и водотоки, и выполняются мероприятия по защите горных выработок от обводнения их подземными

водами. Основным способом осушения зоны горных работ является *водопонижение* путем проведения различных горных выработок, откачки или отвода самотеком, а затем сброса значительных объемов подземных вод в гидрографическую сеть за пределы разрабатываемого участка.

Современный уровень развития техники и технологии водопонижения позволяет успешно решать эту проблему при освоении месторождений со сложными гидрогеологическими условиями.

В практике обычно используют три способа водопонижения — с поверхности, подземный и комбинированный. Первый способ предусматривает сооружение дренажных устройств (скважин, канав, иглофильтров) непосредственно на земной поверхности. При подземном способе средства водопонижения располагают в горных выработках. В последние годы при проходке подземных выработок в обводненных и неустойчивых породах пльвунного типа с низким коэффициентом фильтрации используют забойное водопонижение, заключающееся в том, что в забое выработки в горную породу на различную глубину погружают иглофильтры. С помощью рукавов иглофильтры подключают к водосборному коллектору, в котором поддерживают достаточно глубокий вакуум, позволяющий всасывать через иглофильтры воду из обводненного грунта.

Комбинированный способ является сочетанием способа водоснабжения с поверхности и подземного и реализуется, как правило, в два этапа. Вначале с поверхности производится предварительное снижение грунтовых вод, а затем вводится в эксплуатацию система подземного водопонижения.

Естественный режим подземных вод нарушается с момента вскрытия технологическими горными и дренажными выработками первого от поверхности водоносного горизонта и после откачки из него воды. При этом запасы подземных вод сокращаются, а состояние и качество поверхност-

ных вод существенно ухудшается. На значительной площади месторождения образуется депрессионная воронка, размеры которой зависят как от геологических и гидрогеологических условий района месторождения, так и от продолжительности его разработки.

При водоотливе наиболее низкий уровень подземных вод в зоне горных работ приходится на забой проходимой выработки. С углублением выработки понижается и уровень подземных вод. В результате водопонижения уровень подземных вод снижается на площади, превышающей площадь разработки месторождения иногда в десятки и сотни раз.

При осушении месторождений, особенно при открытых горных работах, прежде всего истощаются запасы высококачественных пресных вод, которые должны использоваться в основном для коммунального хозяйственно-питьевого водоснабжения. Попадая в систему дренажных канав, водосборников и коллекторов, пресные воды загрязняются и приобретают свойства «рудничной воды», а затем загрязняют поверхностные воды. При срабатывании динамических ресурсов подземных вод возникает опасность загрязнения пресных вод минерализованными, что может привести к снижению их качества или сделать вообще непригодными для питьевого использования.

Сброс сдренированных подземных вод, содержащих повышенное количество химических элементов или соединений, при недостаточной очистке приводит к загрязнению поверхностных вод в еще большей степени.

Значительный ущерб народному хозяйству наносится при истощении запасов вод, обладающих бальнеологическими свойствами.

Срабатывание запасов подземных вод, приуроченных к горизонтам, представленным выщелачиваемыми или растворимыми породами, может привести к значительным изменениям инженерно-геологической обстанов-

ки. Процессы выщелачивания и последующего карстообразования активизируются как из-за изменения режима вод данного горизонта, так и в связи с уменьшением их минерализации за счет проникновения пресных вод из вышележащих горизонтов или области питания.

Существенное влияние на режим и состояние поверхностных, грунтовых и подземных вод оказывают отвалы и гидротехнические сооружения горных предприятий (гидроотвалы, хвосто- и шламохранилища, водохранилища и пр.).

Крупноплощадные отвалы обладают большой площадью водосбора. Воды атмосферных осадков, или профильтровавшиеся через толщу пород, загрязняются и засоряются и, в свою очередь, загрязняют и засоряют поверхностные водоемы и водотоки. Инфильтрация вод в основании отвалов и гидротехнических сооружений приводит, как правило, к подъему уровня грунтовых вод и заболачиванию прилегающей территории по контуру этих сооружений, а также к подпитке подземных водоносных горизонтов, особенно верхних. По данным А.М.Михайлова, на горных предприятиях КМА инфильтрация из хвостохранилищ препятствует снижению уровня верхнего водоносного горизонта на 50 м. Радиусы подпора при заполнении хвостохранилищ составят 6-8 км.

Отдельные рудники и шахты обычно откачивают из земных недр тысячи или десятки тысяч, а горные предприятия бассейнов сотни тысяч или миллионы м<sup>3</sup> воды в сутки. Так, например, откачка подземных вод, подтопивших карьеры КМА, привела к истощению водоносных горизонтов и нарушила водоснабжение нескольких городов и многих сел и деревень в округе. Это случилось потому, что при проектировании рудников КМА весьма важной считалась задача осушения, она и решалась. А то, что последует за осушением, проектировщики в расчет не принимали.

Вообще практика разработки пластовых месторождений показывает, что радиус депрессионного влияния действующей шахты (рудника) в течение нескольких лет достигает 10 км и более. В отдельных случаях контур депрессионной воронки может пересечь область питания, даже реку или озеро. Кроме того, как уже отмечалось, откачка подземных вод (также нефти и газа), как правило, сопровождается деформациями земной поверхности, в большинстве случаев ее оседанием.

**Загрязнение вод.** Для горнодобывающих предприятий в отличие от горно-перерабатывающих характерно значительное превышение объемов сточных вод над объемами водопотребления для обеспечения технологических процессов и удовлетворения других потребностей предприятий. Дренажные воды, а также воды, стекающие с поверхности отвалов, не могут без соответствующей подготовки и очистки включаться в замкнутый цикл горного производства. Основной объем их должен отводиться. Недоброкачественные рудничные воды при отсутствии сооружений, попадая в поверхностные водоемы и водотоки, загрязняют их. Это отрицательно воздействует на флору и фауну поверхностных вод, а также на флору и фауну лесных и сельскохозяйственных угодий окружающих территорий, санитарно-гигиенические условия местности. Особенно загрязняются дренажные воды угольных месторождений. Выделяются следующие основные загрязняющие вещества в водах, откачиваемых из угольных шахт: взвешенные частицы, главным образом, угольная и породная пыль, частицы глины, хлористые соединения, свободная серная кислота и сопутствующие соли — сульфаты железа, растворенные и взвешенные фенольные соединения, масла. К числу загрязняющих факторов относится также повышенная температура шахтных вод канализационные стоки.

Из-за наличия хлористых и сернистых соединений, а также кальция, магния, натрия и калия шахтные воды без предварительной очистки и

нейтрализации не могут быть использованы даже в целях. Рудничные воды могут содержать соли других тяжелых металлов — меди, цинка, марганца, никеля, ртути, свинца, урана и др. Попадая в поверхностные или подземные воды, загрязняющие вещества включаются в природный круговорот. При благоприятных условиях они накапливаются в почвах, донных отложениях, затем переходят в растительность, организмы животных, а через них и воду — в человека.

Геохимические процессы, протекающие в водоемах и почвах в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых, во многом сходны с природными, обусловленными с ветровой и водной эрозией, выветриванием горных пород. Однако если природные процессы протекают медленно, существенно не нарушая равновесия между геосистемами и не ухудшая сложившиеся экологические условия, то в результате антропогенной деятельности в связи с резким увеличением загрязняющих веществ это равновесие нарушается и экологическая обстановка резко ухудшается. Вследствие переноса загрязняющих веществ на значительные расстояния локальное воздействие горных предприятий на окружающую среду перерастает в рациональное. Особенно велико влияние сброса дренажных вод горных предприятий на сток малых и средних рек, в результате чего он может возрасти в 1,5-3 и более раз. При этом изменяются качество и тепловой режим вод в этих водотоках.

Предприятия горной промышленности США сбрасывают в природные бассейны ежегодно около 7,6 млн. м сточных вод. При этом необходимо иметь в виду, что рудничные воды загрязнены, как правило, хлористыми соединениями, сульфатными соединениями железа, меди, марганца и перед сбросом должны быть очищены. В США почти 10 тыс. км ручьев и рек и около 12 тыс. га водной поверхности загрязнены водами кислого и щелочного состава, поступающими из угольных разрезов. В США в районе Ап-

палачей кислотность вод в водотоках на значительном протяжении от мест сброса шахтных вод характеризуется показателем  $pH = 2$ , что приводит эти воды в состояние, не пригодное не только для жизнедеятельности водной фауны, но и для технического использования.

В отличие от загрязнения атмосферы, загрязнение водоемов в результате ведения горных работ характеризуется более значительным уровнем. Горные предприятия выносят на земную поверхность из недр целую гамму загрязняющих веществ: нефть, минеральную и каменноугольную мелочь, соли, серную кислоту, вредные и ядовитые металлы и другие нежелательные для контакта с живой природой минеральные и органические образования.

Большие объемы шахтных вод, выдаваемые из недр, обычно связаны с высокой водообильностью разрабатываемых месторождений. Дебит рудничных вод зависит от многих природных и технологических факторов. К природным факторам относятся: режим обводненности района месторождения, наличие в пределах месторождения запертых вод, открытых водисточников в зоне влияния горных работ, количество выпадающих осадков, проницаемость грунтов и вмещающих пород. Основные технологические факторы — бурение с промывкой, гидравлическая закладка, гидравлическое подавление пыли.

Обычно рудничные воды несут в себе разного рода загрязнители, и их перед сбросом нужно очищать или перерабатывать как сырье на тот или иной металл. Наиболее распространенными загрязнителями рудничных вод считаются хлористые соединения и свободная серная кислота, которой часто сопутствуют растворимые соли, главным образом сульфаты тяжелых металлов — железа, меди, цинка, марганца, никеля, урана и др. Типичный состав шахтных вод в сравнении с технической водой приведен в табл. 5.

Таким образом, по хлористым и сернистым соединениям, также по содержанию Ca, Mg, Na и K шахтные воды превосходят техническую воду в 5-15 раз, что исключает их непосредственное использование без предварительной очистки и нейтрализации даже в технологических целях.

Таблица 5

Химический состав шахтных вод в сравнении с технической водой  
(по данным В.Н. Мосинец и М.В. Грязнова)

Вода	Содержание компонентов, мг/л									
	pH	CO <sub>3</sub> <sup>1</sup>	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	Ca <sup>''</sup>	Mg	Na	K	Fe
Шахтная	6.4	32.0	183.4	351.5	588.4	112.0	150.7	130.1	4.5	0.1
Технич.	7.3	24.0	197.4	77.1	51.1	38.0	11.0	58.2	1.8	0.1

Кислотность и засоленность шахтных вод пагубно влияют на экологическую систему поверхностных водоемов: воды становятся совершенно непригодными для питья, рыбоводства, использования в промышленных целях.

**Засорение вод.** На многих угольных шахтах и разрезах основным загрязнителем являются твердые частицы угля и пород, которые совместно с солями железа портят внешний вид поверхностных водоемов, нарушают биологическое равновесие в них, в результате чего вымирает рыба.

Часто тяжелые металлы накапливаются, образуя аномальные формирования, как следствие индустриальной деятельности человека. Накопление в почве или в воде таких тяжелых металлов, как кадмий, никель, молибден, цинк, марганец, ванадий, бериллий, теллур, может быть опасно для всего живого. Еще опаснее накопление металлов — ядов: ртути, свинца, мышьяка, селена. Ряд металлов отнесен к веществам, вызывающим раковые заболевания, в частности мышьяк и хром. Отмечена зависимость заболеваний раком пищевода от концентрации в растениях молибдена [21].

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых, расположенных в непосредственной близости от берегов озер, морей и океанов, может возникнуть засорение водного бассейна и, как следствие, измениться характер прибрежной зоны. В.Н. Мосинец и М.В. Грязнов приводят пример значительного ускорения накопления осадков в заливе Сан-Франциско (США), после того как на берегах залива и впадающих в него рек приступили к разработке месторождения золота. За 60 лет было смыто около 2 млрд. м породы. Более половины ее осело в заливе и прилегающих к нему водных артериях. Это привело к значительному изменению конфигурации береговой линии и уменьшению площади залива на 11%.

Тяжелые металлы, попавшие на почву, легко сорбируются гумусом и гидроокислами железа и алюминия и довольно быстро переходят в растения. Например, в помидорах, выращенных на расстоянии 500—5000 м от завода цветной металлургии, свинца содержалось в 5—110 раз, а в клубнях картофеля в 10—170 раз больше, чем на удаленных контрольных делянках [13]. Часто выпавшие на почву тяжелые металлы не задерживаются на месте. В окислительной природной среде они свободно перемещаются вместе с водой.

В различных природных условиях тяжелые металлы ведут себя по-разному. В окислительной природной обстановке (высокая кислотность почвы и придонных вод) свинец, медь, никель, цинк и ртуть более подвижны, чем в нейтральной или щелочной среде (например, в степной полосе). Наоборот, молибден, ванадий и селен легче перемещаются в щелочной среде. Мышьяк же образует растворимые соединения в любой природной обстановке. На поверхности северных болот его ядовитые соединения могут сохраняться сотнями лет, а в жарких пустынных областях они разрушаются меньше чем за год.

К сточным водам горных предприятий нужно отнести и воды поверхностного стока, т. е. воды естественного стока с породных и рудных отвалов, дорог и со всех других объектов, находящихся в пределах горных отводов. Загрязнение водоемов водами поверхностного стока особенно велико в местностях с большим количеством атмосферных осадков.

Горные предприятия могут загрязнять водоемы также отработанными промышленными водами и обычными канализационными стоками, которые в очистные сооружения поступают неритмично и поэтому могут быть подвергнуты необходимой обработке не в полном объеме.

При разработке месторождений полезных ископаемых загрязнение почвы и вод представляет собой во много раз усиленное природное явление, обусловленное ветровой и водной эрозией выходящих на поверхность участков месторождений. Поскольку естественное загрязнение почвы и вод в районе месторождений протекает весьма медленно, оно во многих случаях не нарушает относительно скомпенсированного, биологически безвредного химического равновесия между геосферами или их отдельными частями. В случае же, когда такое равновесие нарушено, например, в воде, немедленно возникают изменения в почве и атмосферных осадках, а затем в растительности и живых организмах, произрастающих и обитающих на прилегающих к месторождениям территориях, и срабатывает закон так называемого наследования человеком содержания химических элементов земли через растения и животных.

Следует иметь в виду, что любое месторождение в своем естественном состоянии аномально, даже если учитывать его геохимические ореолы. Будучи подвергнуто разработке, месторождение, как геохимическая аномалия, как бы расширяет, иногда весьма значительно, свою территорию. Рудничные воды, пыль и аэрозоли выносят в окружающую среду многие химические элементы или образования, которые переносятся в свободном ви-

де или в виде коллоидов поверхностными и грунтовыми водами на большие или меньшие расстояния, загрязняя соответствующие территории.

Нужно также отметить, что вынос рудничными водами химических элементов может продолжаться и после завершения эксплуатации месторождения, т. е. продолжается насыщение этими элементами разросшейся геохимической аномалии, а попросту — загрязнение почв и вод.

Поэтому гидрогеологические службы должны не только глубже традиционные вопросы, но и разрабатывать методы предохранения подземных вод от загрязнения, изучать поведение загрязняющих веществ в недрах, а также выявлять способы локализации, обезвреживания или устранения особо нежелательных загрязнений в подземных водах и в недрах.

### **1.8 Механизмы загрязнения и заражения окружающей среды**

Природа в течение длительного времени создавала равновесие в химическом составе атмосферы, литосферы и гидросферы земного шара. Однако иногда это равновесие локально нарушается либо естественным путем, либо в результате деятельности человека, создавая угрозу загрязнения или даже заражения окружающей среды. *Загрязнение* — это засорение окружающей среды в результате природных явлений или деятельности человека. Загрязнение не обязательно содержит составные части, представляющие опасность для здоровья человека. Они могут быть просто неприятны на вид, на вкус или на запах. *Заражение* — это такое загрязнение среды, составные части которого опасны для здоровья человека по своей природе или концентрации.

Загрязнение окружающей среды можно контролировать с помощью научных и технических методов, но полная его ликвидация экономически пока неосуществима. Степень уменьшения загрязнения, которой мы

хотим добиться, зависит от того, что мы понимаем под загрязненностью и какое количество труда и денежных средств согласны на это затратить.

Любой земной материал, в котором концентрация элемента или соединения значительно превышает его среднее содержание, является потенциальным источником заражения почвы, воды, флоры или фауны. Действует ли он как источник заражения, зависит от того, в каких *количествах* и в какой *форме* (доступной для выщелачивания) находится этот элемент или минерал. Известно, что сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на почвах с нормальным химическим составом, могут испытывать недостаток в питательных веществах, если основной элемент находится в такой форме, что он не может быть усвоен растениями.

Химическое равновесие в окружающей среде поддерживается благодаря балансу между процессами *выделения* и *поглощения*.

С другой стороны, связь между атмосферой, гидросферой, литосферой и биосферой поддерживается *процессами переноса* посредством атмосферных осадков, движения масс, текущей воды, ветра и льда. Материал или энергия для этих процессов возникают под действием *механизмов высвобождения*, включая выветривание, эрозию, химические и биохимические реакции. Материалы перестают принимать участие в перемещении под действием *механизмов задержания или связывания*. Они могут быть физическими (осадконакопление), химическими (выпадение в осадок) и биохимическими (образование органогенных отложений).

Следует еще раз подчеркнуть, что химическое воздействие на окружающую среду может происходить или естественным путем, или в результате деятельности человека. Например, источники рассеянных металлов могут быть как природного происхождения (химическое выветривание материнских пород, вулканическая и гидротермальная деятельность, естественное окисление и т. д.), так и промышленными — накопление в резуль-

тате деятельности чело века (сжигание горючих ископаемых, разработка полезных ископаемых, промышленное использование рассеянных металлов, образование свалок и т. д.).

В процессе выветривания из пород могут высвобождаются потенциально загрязняющие вещества. Примером является окисление сульфидных минералов с образованием серной кислоты. Разлагающаяся растительность выделяет сероводород, газ с неприятным запахом, который также может быть превращен в серную кислоту. В результате вулканической деятельности обычно выделяются такие вредные и ядовитые газы, как хлор, фтор, соединения серы, угарный и углекислый газы. Процесс эрозии также высвобождает из пород потенциально опасные вещества, которые распространяются на большие расстояния. Однако скорость высвобождения потенциально загрязняющих веществ в результате естественных процессов, таких как выветривание и эрозия, как правило, очень мала с точки зрения человека. Вулканическая же деятельность протекает достаточно быстро и может вызывать немедленное загрязнение.

Человеческая деятельность, связанная с добычей и переработкой полезных ископаемых ускоряет процессы естественного выветривания в несколько десятков и сотен раз, ускоряя процесс попадания рассеянных элементов (металлов) в окружающую природную среду и способствуя многократной их концентрации.

### **1.9 Специфика воздействия химических элементов на живые организмы и растения**

В природе существует ряд элементов, которые необходимы для поддержания жизни — это, так называемые, *питательные вещества*. Однако в некоторых концентрациях каждый питательный элемент может стать токсичным и даже смертельным. Вещество считается ядовитым, если оно

препятствует росту и обмену веществ любого организма, когда его концентрация превышает норму. Все элементы токсичны, если они имеют высокую концентрацию, а некоторые ядовиты даже при низкой концентрации. Медь, например, очень токсична при сравнительно низких концентрациях, и ее широко используют в растворимых соединениях для уничтожения водорослей. Отравление может быть вызвано незначительной концентрацией высокотоксичного вещества или слишком высокой концентрацией слаботоксичных и даже обычно необходимых веществ.

*Кумулятивные яды* — вещества, которые легче удерживаются организмами, чем выделяются, — особенно опасны и требуют особого обращения. Примерами могут служить селен и кадмий.

*Синергическое действие* токсичных веществ (т. е. комбинированное действие, имеющее такие последствия, которые не могут быть достигнуты каждым веществом в отдельности) вызывает проблемы в случае с комплексными природными средами, в которые вносятся синтетические вещества.

Особенно важна, с точки зрения токсичности, *форма* в которой находится ядовитое вещество. Например, соединения ртути или свинца с углеводородами, такими как тетраэтилсвинец, используемый в некоторых сортах бензина, гораздо более токсичны, чем неорганические соединения тех же элементов, например, каломель — широко используемое в медицине.

Ниже приведена краткая характеристика отдельных химических элементов, проявляющих специфическое воздействие на живые организмы и растения.

**Молибден.** Металл ядовит в больших дозах. Однако, как и многие другие металлы, он необходим в микродозах для питания животных и человека. Он помогает почвенным микроорганизмам в связывании азота воздуха. Во многих странах молибден добавляется в удобрения, поскольку не-

хватка этого элемента отрицательно сказывается на сельскохозяйственных культурах

Многие растения, особенно бобовые, например, люцерна и клевер, накапливают большие количества этого металла, если они растут на почвах, богатых молибденом, или поливаются водой, насыщенной молибденом. Это избирательное накопление используется в геохимической разведке молибденовой руды.

С другой стороны, избыток молибдена, находящийся в пище животных, нарушает обмен меди в организме, и у животных появляются симптомы, указывающие на недостаток меди. Кроме того, содержание молибдена в пище в количествах более чем  $10\text{—}20$  млн<sup>-1</sup>, способствует развитию хронического молибденового токсикоза — болезнь, которая характеризуется отсутствием аппетита, поносом, потерей полового инстинкта, нарушениями в суставах и иногда чревата гибелью. Зачастую, эти нарушения могут быть скорректированы добавлением в корм меди.

Следует учитывать, что влажные почвы в большей степени концентрируют металлы. Поэтому нужно учитывать возможность появления хронического молибденового токсикоза в районах, расположенных ниже по течению от тех мест, где породы или почвы чрезвычайно богаты молибденом. Эту возможность следует также иметь в виду при использовании земель, богатых органическим веществом, а также илистых или заболоченных.

**Фтор.** Этот элемент необходим живым организмам в небольших количествах, но может причинять вред или даже быть ядовитым в избыточных дозах. Так, например, общеизвестно, что фосфат кальция — это основная составляющая материала зубов и костей большинства животных. Когда фтор присутствует в умеренных количествах (до  $1$  млн<sup>-1</sup>) в воде, кости и зубы укрепляются благодаря включению фторидов

(фторсодержащих соединений) в фосфат кальция. Однако при концентрациях выше  $1 \text{ млн}^{-1}$  включение избыточного, количества фторидов в вещество зуба приводит к обесцвечиванию и ослаблению зубной эмали вызывая специфическое заболевание — флюороз.

В поверхностную и грунтовую воду фтор попадает обычно в результате растворения природных фторсодержащих минералов или в результате гидротермальной активности. Если водный источник, используемый для питья, содержит больше чем  $1 \text{ млн}^{-1}$  фтора, то его концентрацию следует уменьшить. Обычно это достигается воздействием на воду окиси алюминия или костной золы.

**Ртуть.** Понять сложные процессы, контролирующие поведение рассеянных металлов в природных водных системах, легче всего, исследуя поведение какого-то одного металла, например ртути.

Ртуть может существовать в твердом, жидком и газообразном состоянии. Растворимость ртути достаточно велика, чтобы превысить стандарты на качество воды. В сочетании с другими элементами ртуть образует разнообразные твердые, жидкие и газообразные соединения. Большая их часть также легко растворима в воде. Важно учитывать также состояние (твердое, жидкое, газообразное или растворенное) и химические формы, в которых ртуть присутствует в системе. Некоторые состояния и химические формы более доступны для организмов или легче усваиваются ими, чем другие, и после ассимиляции некоторые формы становятся более токсичными, чем другие.

Причиной аномально высокой концентрации ртути в водных системах обычно является сброс промышленных сточных вод, содержащих ртуть. Естественные процессы, в том числе биологические, переводят ртуть в различные химические формы. Некоторые из этих форм, особенно чистая ртуть и многие ее органические соединения, летучи и испаряются в воздух

над водой. Все растворенные формы в определенной степени поглощаются (или связываются) взвешенными твердыми веществами. В состав твердой фазы входят микроскопические растения и микроорганизмы (планктон). Во многих системах концентрация ртути во взвешенных твердых веществах во много раз больше, чем в воде, где они находятся.

При поедании планктона рыбой, которая потом съедается более крупной рыбой и животными, ртуть переносится по этой пищевой цепи. Так как более крупные виды едят больше и живут дольше, чем мелкие, они накапливают большие концентрации ртути. Рыба промысловых размеров часто содержит ртути в тысячи раз больше, чем вода и взвешенные твердые вещества, находящиеся в ней. При отлове рыбы ртуть удаляется из водной системы и попадает в человеческий организм. Оседание взвешенных твердых частиц и мертвых организмов переносит ртуть из воды в донные отложения. Химические и физические условия в отложениях отличаются от водных, поэтому снова происходит химическое перераспределение и степень поглощения ртути твердыми веществами, вероятно, меняется. Твердые ртутные соединения или минералы также могут осаждаться. Обитающие на дне животные поглощают часть ртути, особенно те, которые питаются твердыми веществами, отфильтровывая их из воды. Донные организмы часто содержат в 1000 раз большую концентрацию этого элемента, чем отложения, которые они населяют. Чаще всего эти процессы ведут к полному перемещению ртути в донные отложения, где она погребается последующим осадконакоплением и оказывается вне досягаемости от химических связей с биологическими системами. Однако, в последствии ртуть в по гребенных отложениях снова может стать подвижной (например в результате проведения дноуглубительных работ или естественной эрозии). Так, с изменением условий хранилище может вновь превратиться в источник.

**Кадмий.** Кадмий — редкий элемент; за исключением глинистых сланцев, его содержание в атмосфере, породах, почвах и воде составляет не более 0,2 части на миллион. В природе известно только несколько небольших месторождений сульфида и карбоната кадмия с очень малым содержанием полезного компонента. Однако кадмий присутствует в сульфидных рудах других тяжелых металлов, таких как цинк и свинец из которых он и извлекается.

Кадмий более летуч, чем большинство других тяжелых металлов (точка кипения 790 °С). По этой причине значительные количества кадмия выбрасываются в атмосферу во время переработки цинковых и свинцовых руд преимущественно в виде газа. Газ быстро окисляется и осаждается в виде мелких частиц на окружающую территорию. Это и есть главный источник кадмия для земной среды. Другими важными источниками кадмия являются фосфатные удобрения и необработанные осадки, поступающие на свалку.

Кадмий не несет в себе каких-либо важных биологических функций. Считается, что он действует как яд, в основном вытесняя жизненно необходимый цинк в обмене протеина и ферментов. Отравление кадмием предположительно способствует возникновению гипертонии, развитию болезней почек, эмфиземе, анемии и болезни итаи-итаи. Острое отравление от одной дозы маловероятно, но кадмий имеет способность накапливаться на протяжении всей жизни и способ выведения его из организма не известен.

Основными источниками кадмия для человека являются табак и пищевые продукты. Обычный рацион включает 0,5 мг кадмия в день, из которого около 5 % выпитывается через стенки кишечника. В тоже время, одна сигарета содержит только 0,001 мг кадмия, но он намного легче поглощается тканями легких, чем стенками кишечника. Попав в кровь, кадмий пе-

реносится в почки и печень, где и задерживается около  $2/3$  всего его количества.

**Селен.** Это — необходимый элемент в пищевом рационе животных и человека. Его минимальное количество составляет 0,03 мг/сут. В дозах 0,075 мг/сут селен оказывает благотворное воздействие на организм. Однако в количестве свыше 3 мг/сут он становится токсичным. В тоже время, плохой урожай чаще бывает при нехватке селена, чем при его избытке, хотя в пище животных и человека предпочтительна нехватка селена, чем его избыток.

Селен встречается во многих сульфидных минералах. Его концентрация в черных сланцах, каменном угле и нефти в 10—20 раз превышает среднее содержание в земной коре. Ряд кормовых культур под общим названием *астрагал* способны накапливать и сохранять в своих тканях этот элемент, тем самым, являясь угрозой для жизни и здоровья различных животных.

### **1.10 Ближайшие перспективы развития горного дела**

Для обеспечения безопасности горного производства и наиболее эффективного использования средств экологической защиты необходимо четко представлять себе перспективы развития геологоразведочных работ на ближайшее время.

При этом следует иметь в виду, что прогнозируемое развитие горного дела характеризуется принципиально новыми тенденциями и направлениями, которые должны быть учтены в процессе разработки мероприятий по охране окружающей среды. Основные из них следующие:

1. Вовлечение в эксплуатацию все более бедных месторождений полезных ископаемых и вследствие этого увеличение объемов добычи; концентрация горных предприятий в районах дешевой рабочей силы со

сравнительно низкой плотностью населения, где загрязнение окружающей среды не ограничивает ведение горных работ. Эта тенденция диктует необходимость развития горной промышленности главным образом в слабонаселенных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока, при ее ограничении в густонаселенных районах европейской части России.

2. Замещение обрабатываемых источников минерального сырья новыми источниками не только с соблюдением развитых принципов максимизации прибыли, но и принципа предпочтительности вовлечения в эксплуатацию месторождений с более благоприятными природными условиями по отношению к менее благоприятным при максимальном использовании добываемого сырья. В условиях бурного научно-технического прогресса реализация этого принципа весьма положительно сказывается на экономике любой страны.

3. Увеличение глубины открытых и подземных горных работ, что ставит перед горной наукой и техникой принципиально новые задачи по обеспечению устойчивости бортов карьеров, предупреждению горных ударов, проветриванию горных работ, поддержанию выработанного пространства и транспортировке горной массы.

4. Конструирование и использование горных машин с дистанционным управлением и автономным приводом с использованием главным образом экологически чистых машин с гидро- и электроприводом.

5. Проведение при производстве горных работ во все возрастающих объемах мероприятий по охране внешней среды от загрязнения, шума, иссушения и нарушений земной поверхности. Все большее значение придается таким горным работам, при которых рекультивируемая поверхность активно преобразуется.

6. Реализация наиболее рациональных и экономически выгодных принципов общей застройки и эксплуатации поверхности, создание за-

мкнутых систем водоснабжения, энергообеспечения, строительства транспортных коммуникаций, линий связи и т. д. с учетом экономики региона, интересов национальных или международных экономических объединений.

Следует иметь в виду, что основная трудность, с которой все чаще сталкиваются геологоразведчики — это необходимость нахождения «слепых» рудных тел. В ближайшей перспективе — преодоление сложностей разведки дна мирового океана.

В тоже время, анализ стоимости разведочных работ показывает, что сейчас около 77% затрат приходится на детальную разведку месторождений, 12% — на предварительные стадии поисков и оценки и 11% — на изучение геологии и гидрогеологии месторождений и регионов. В будущем, наряду с общим повышением затрат на геологоразведочные работы, ожидается повышение доли затрат на изучение инженерной геологии и гидрогеологии (в целях более полного использования недр и сохранения гидродинамических режимов), а также на поиски и оценку, обеспечивающие своевременное решение проблем замещения обрабатываемых сырьевых ресурсов.

В связи с этим, основными направлениями научно-технического прогресса в области геологоразведочных работ следует считать:

- 1) разработку и активное внедрение в практику дистанционных методов, средств и приборов позволяющих обнаруживать скрытые месторождения полезных ископаемых, в том числе воздушная и космическая разведка;
- 2) совершенствование существующей и создание новой техники для бурения разведочных скважин;
- 3) разработку новых технологий и способов добычи и обогащения минерального сырья из месторождений с низким содержанием полезного компонента;

4) изучение и комплексное использование техногенных месторождений и отходов производства;

5) дальнейшее развитие геохимических методов поисков по первичным и вторичным ареалам рассеяния, с применением математических методов анализа и обработки информации, а также использованием ГИС-технологий для составления геологических разрезов и прогнозно-металлогенических карт;

б) широкое внедрение в горнодобывающую и перерабатывающую промышленность современных нанотехнологий, позволяющих использовать нетрадиционные источники энергии и получать принципиально новые материалы.

7) изучение подземных геологических структур с целью захоронения в них биологически вредных отходов производства.

В настоящее время ведущее место в мировой добыче минерального сырья занимают открытые горные работы. Их удельный вес составляет около 60%, в том числе 57% в добыче руд различных металлов, 34% — угля и 97% — строительных материалов [13].

Обеспечивая, по сравнению с подземными работами, в 3-7 раз более высокую производительность труда и в 2-3 раза меньшую себестоимость добычи, открытые горные работы, тем не менее, требуют значительных капиталовложений в мероприятия по охране окружающей среды. К тому же, помимо фактора истощения приповерхностных месторождений, следует принимать во внимание огромные земельные площади, отчуждаемые под разработку и размещение отвалов пустых пород.

Поэтому, в ближайшей перспективе будет отмечаться рост удельного веса подземных разработок, что в свою очередь заставит решать ряд конкретных задач, связанных с безопасной и эффективной добычей

полезных ископаемых с глубоких горизонтов. Среди них наиболее актуальными представляются следующие задачи:

1. Решение проблемы управления горным давлением на больших глубинах, предупреждение горных ударов, улучшение климатических условий труда.

2. Повышение уровня комплексной механизации подземных горных работ до 95%, частичную автоматизацию производственных процессов и переход на программное дистанционное управление горными машинами и комплексами.

3. Изыскание условий ведения горных работ и их организация при повышенной температуре и влажности.

4. Освоение месторождений в ранее недоступных районах земного шара — на Крайнем Севере, в Арктике и Антарктике, в пустынях Азии, Африки и Австралии, что связано с преодолением ряда трудностей использования в этих районах трудовых ресурсов и решением проблем охраны окружающей среды.

5. Организация разработки месторождений континентального шельфа, дна морей и океанов, что потребует решения специфических вопросов поддержания горных выработок, их вентиляции и охраны окружающей среды.

6. Выполнение некоторых процессов переработки (грохочения, дробления, измельчения и обогащения руд и углей) непосредственно в подземных выработках рудников и шахт с выдачей готовых концентратов на поверхность по трубопроводам, при одновременном захоронении отходов производства в выработанное пространство.

Следует иметь в виду, что тенденция к переносу процессов обогащения руд и углей в подземные выработки определяет необходимость отрабатывать месторождения снизу-вверх с закладкой отработанных участ-

ков пустыми породами, забалансовыми рудами или хвостами обогащения. При таком порядке отработки месторождений улучшатся горнотехнические условия на рабочих горизонтах и повысится общая эффективность разработки.

Наряду с пустыми породами и песком в качестве закладочного материала целесообразно использовать забалансовые руды, хвосты обогащения, отходы металлургических и химических производств, тепловых электростанций, что способствует улучшению состояния земной поверхности. Кроме того, с отходами в недра возвращаются, пусть и в незначительных количествах, ценные металлы, потерянные в процессе очистных работ. В результате выщелачивания такой закладки можно извлекать значительную часть содержащихся в ней металлов, таким образом повышая общее извлечение минерального сырья из недр.

В связи с тенденцией повышения уровня механизации и коэффициента использования машин в ряде стран признано целесообразным создание малосерийных или одиночных горных машин для механизации производства в нетипичных горно-геологических условиях.

Кроме того, электрификация рудников, внедрение электрифицированного гидропривода создаст оптимальные условия к внедрению дистанционного управления горными машинами. Использование на подземных горных работах некоторых технических средств, заимствованных из практики открытых горных работ: рыхлителей, стругов, бульдозеров, безрельсового транспорта, в том числе вертикального и горизонтального гидротранспорта, позволит повысить производительность труда и сократить срок окупаемости оборудования.

Из геотехнологических методов эксплуатации недр наибольший интерес представляет метод подземного выщелачивания руд, применение

которого способствует положительному решению вопросов охраны окружающей среды.

Таким образом, суммируя отмеченные тенденции развития подземных горных работ, можно так охарактеризовать рудник (или шахту) будущего. Это должно быть предприятие, отличающееся высокой производительностью труда, с преобладанием автоматизированных и полуавтоматизированных комплексов, позволяющих осуществлять предельно высокое использование недр, комплексную переработку сырья и безупречную охрану внешней среды. При этом предполагается сокращение до минимума числа трудящихся подземной группы, создание безопасных и комфортных условий труда; использование самонастраивающихся горных машин по принципу обратной связи с параметрами разрабатываемого забоя.

В связи с интенсивным развитием традиционных и освоением новых способов разработки земных недр возникают принципиально новые проблемы охраны окружающей среды. Эффективность их решения во многом будет зависеть от знания учеными, проектировщиками, эксплуатационниками различных аспектов геомеханики, литологии, экономики, технологии горных работ, гидрологии, умелого и своевременного использования этих знаний при освоении новых богатств земных недр.

### **1.11 Специфика экологического мониторинга в пределах действующих и ликвидированных горных предприятий**

Для всех способов разработки месторождений полезных ископаемых характерно существенное негативное воздействие горного производства на биосферу, затрагивающее по существу все ее элементы: водный и воздушный бассейны, землю, недра, растительный и животный мир. Это воздействие проявляется в двух основных формах:

- ◆ выделение в атмосферу веществ и энергии,
- ◆ потребление ресурсов биосферы.

Для первой формы характерны выделения твердых веществ различного фракционного состава, жидкой фазы, газов и различных видов энергии (тепловой, механической и др.). Вторая форма включает отчуждение земельных участков, потребление полезных ископаемых, водных и растительных ресурсов.

Различают непосредственное (прямое) воздействие горного производства на биосферу и косвенное, являющееся следствием первого. Размеры зоны косвенного воздействия значительно превышают размеры зоны прямого воздействия, и, как правило, в эту зону попадает не только элемент биосферы, подвергающийся непосредственному воздействию, но и другие элементы.

Анализ состояния биосферы в зоне расположения предприятий горнодобывающей промышленности показывает, что проведение эффективных мероприятий по минимизации воздействия горного производства на окружающую среду не представляется возможным без разработки и промышленной реализации **горно-экологического мониторинга**, являющегося составной частью экологического мониторинга. Под горно-экологическим мониторингом понимается специальная информационно-аналитическая система контроля и оценки состояния окружающей среды в зоне деятельности предприятий горнодобывающей промышленности.

Система горно-экологического мониторинга основывается на ряде базовых положений.

1. Система должна быть открытой для использования ее в качестве элемента системы более высокого уровня, т.е. Единой государственной системы экологического мониторинга, которая создается в нашей стране в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «О

создании Единой государственной системы экологического мониторинга России» от 24 ноября 1993 г. № 1229. В то же время система горно-экологического мониторинга должна допускать использование в своем составе подсистем более низкого уровня, в том числе достаточно автономных.

2. Система должна охватывать все горные предприятия, находящиеся в пределах административно-территориальной единицы — района. Это дает ряд преимуществ как в организации сбора необходимой информации о суммарном воздействии этих предприятий на окружающую среду, так и в эффективности реализуемых природоохранных мероприятий.

3. Информационной основой системы горно-экологического мониторинга является банк данных о природно-климатических условиях горнопромышленного района (с выделением тех элементов, которые определяют экологическую обстановку на территории региона) и характере воздействия горного производства на окружающую среду. Для этого должны быть определены показатели, характеризующие:

- ◆ состояние, использование и охрану водного бассейна (запасы и качество воды, водопотребление, объем сброшенных стоков, их загрязнение и очистка);

- ◆ состояние, загрязнение и охрану воздушного бассейна (загрязнение горным предприятием и объектами соцкультбыта, характеристика мер по защите атмосферы);

- ◆ состояние, использование и охрану земельных ресурсов;

- ◆ использование недр;

- ◆ образование, наличие, удаление и использование промышленных отходов.

Часть этих показателей может быть получена по данным статистической отчетности (как это было показано в предыдущих главах) и из эколо-

гических паспортов горных предприятий, а для определения других должны использоваться данные горно-экологического мониторинга. В процессе горно-экологического мониторинга проводятся измерения, накопление и статистическая обработка данных о величинах показателей каждого из приведенных видов загрязнения.

Система горно-экологического мониторинга должна включать, как минимум, четыре подсистемы наблюдений:

**1-я подсистема** — предусматривает организацию (построение) сети стационарных постов наблюдений, укомплектованных приборами для метеоро- и гидрологических измерений: температуры, давления, влажности атмосферного воздуха, скорости и направления ветра, колебаний уровня грунтовых вод, скорости и направления грунтовых потоков, изменения дебита подземных и наземных коллекторов, температуры воды и поверхности грунта и др.

**2-я подсистема** — сеть стационарных постов наблюдений, укомплектованных приборами для измерения характеристик окружающей природной среды, еще не подвергшейся техногенному воздействию, с целью оценки ее исходного состояния, на фоне которого осуществляется техногенное воздействие горного производства. Система включает приборы для измерения газового состава и запыленности атмосферного воздуха, химического состава почв и элементов водного бассейна (грунтовых вод, наземных водоемов, донных отложений), приборы для измерения содержания твердых взвесей в водной среде и содержания влаги в почвах, радиометрические приборы (для оценки радиационного фона), приборы для измерения напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Приборы 1-й и 2-й подсистем должны работать в автоматическом режиме, частота выдачи показаний прибора (периодичность замеров) устанавливается для каждого показателя методикой измерений, учитывающей

свойства наблюдаемого объекта и конкретные местные условия (определяющие естественную возможную частоту измерения данного показателя). Диапазон измерения применяемых приборов должен периодически перекрывать пределы возможного изменения величин каждого показателя, а в случае отсутствия такого прибора наблюдательный пост должен быть оснащен двумя (или более) приборами с разными диапазонами измерений.

**3-я подсистема** включает две сети постов наблюдений.

Первая — сеть стационарных постов, оснащенных приборами для оценки выбросов непосредственно на источниках. Сюда входят приборы для измерения концентрации вредных веществ и приборы (типа расходомеров) для измерения потока выброса (объемов выброса в единицу времени), поскольку количество попадающих в окружающую среду вредных веществ и их накопление в осадках (или во взвешенном состоянии в локальных точках пространства) определяется не только их концентрацией, но и величиной выбросного потока (мощностью выброса).

Вторая — сеть передвижных станций, оснащенных приборами для измерения концентраций вредных веществ на различных расстояниях от источника в зоне преобладающего (господствующего) направления выбросного потока и в местах вероятного накопления компонентов выброса.

Приборы первой сети работают в автоматическом режиме круглосуточно, приборы второй сети применяют выборочно с периодичностью, установленной методикой наблюдений для конкретных условий объекта. В случае выявления особо опасных мест накопления вредных веществ или длительного поддержания их опасных концентраций возможна установка в этих местах на какое-то время стационарных постов наблюдений с помощью приборов второй сети.

**4-я подсистема** — сеть стационарных постов, укомплектованных приборами и другими средствами наблюдений за такими изменениями со-

стояния отдельных элементов природной среды, которые, сами по себе не являясь в данный момент экологически опасными, позволяют прогнозировать существенные техногенные нарушения (аварийные ситуации, залповые выбросы и т.п.). Приборы этой подсистемы должны работать в автоматическом режиме круглосуточно.

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

- 1. Что такое геологическая среда, каковы её параметры и компоненты?*
- 2. Какова взаимосвязь между ограниченностью естественных природных ресурсов и ростом технологического потенциала общества?*
- 3. Перечислите основные проблемы, связанные с проведением геологоразведочных работ.*
- 4. Каковы значения ПДК основных вредных примесей в воздухе на уровне дыхания?*
- 5. Перечислите факторы отрицательного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду.*
- 6. Каково влияние горной промышленности на литосферу, атмосферу и гидросферу?*
- 7. Чем вызвано образование депрессионных воронок в пределах горных предприятий?*
- 8. В каком соотношении происходит загрязнение атмосферы газом, пылью и аэрозолями?*
- 9. В чем состоит отрицательное воздействие породных отвалов на окружающую среду?*
- 10. Что такое шахтные воды и чем они отличаются от технических вод?*
- 11. Каковы механизмы загрязнения и заражения окружающей среды?*

*12. В чем состоит специфика воздействия химических элементов на живые организмы и растения?*

*13. Каковы ближайшие перспективы развития горного дела?*

*14. В чем состоит суть горно-экологического мониторинга?*

*15. Что входит в систему горно-экологического мониторинга?*

**Проектные задания:**

- 1. Составить комплексную схему отрицательного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду.**
- 2. Описать типовой геохимический цикл миграции рассеянных элементов в природных водных системах, возникающий в результате деятельности горнодобывающего предприятия.**

Литература: [5], с. 3 – 14; [1], с. 352 – 363; [3], с. 8 –47.

## **2 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Выделенный раздел объединяет информацию о различных мероприятиях, направленных на снижение отрицательного воздействия геологоразведочных работ на атмосферу, литосферу, гидросферу и биосферу. В нем представлены конкретные способы снижения прямого или косвенного воздействия горных работ на геологическую среду. Здесь же детально рассмотрена технология рекультивационных мероприятий, обеспечивающих восстановление нарушенных земель, а также указаны пути рационального использования недр и природных ресурсов.

### **2.1 Комплекс мер по снижению отрицательного воздействия геологоразведочных работ на литосферу**

В горнодобывающей промышленности охрана ландшафта представляет собой комплексную систему мероприятий для предотвращения или уменьшения прямого и косвенного воздействия горного производства на ландшафт, и в первую очередь на земли. Рациональное использование земельных ресурсов предусматривает выполнение системы мероприятий, направленных на оптимизацию размещения производственных объектов, их параметров, плотности застройки, сроков отчуждения и использования земельных участков. Рекультивация земель, нарушенных горным производством, рассматривается как основной способ воспроизводства земельных ресурсов, создания оптимальных культурных антропогенных ландшафтов в конкретных природно-климатических и социально-экономических условиях данного района.

Выделены две группы мероприятий по охране, рациональному использованию и воспроизводству земель при разработке месторождений по-

лезных ископаемых. К первой группе отнесены мероприятия предохранительного характера, предусматривающие максимально возможное, экономически оправданное и технически осуществимое сокращение прямого и косвенного воздействия на земли. Ко второй группе отнесены мероприятия восстановительного характера, направленные на установление последствий негативного воздействия горного производства на земли.

Сокращение прямого и косвенного воздействия достигается: за счет внедрения научно обоснованной системы размещения промышленных предприятий и отдельных объектов; путем разработки и внедрения прогрессивных норм нарушения территорий при промышленном и гражданском строительстве; строгим соблюдением строительных норм и правил, регламентирующих взаимное расположение зданий и сооружений, линий электропередачи, дорог, инженерных коммуникаций; оптимизацией параметров карьерных откосов, что позволяет объективно установить как размеры карьерного поля в плане, так и объемы разрабатываемых вскрышных пород и, следовательно, объемы отвалов; оптимизацией параметров отвалов, хвосто- и шламохранилищ; предотвращением деформаций земной поверхности в зоне горных работ; путем внедрения прогрессивных методов осушения месторождений полезных ископаемых, позволяющих сохранить запасы, состояние и режим грунтовых и подземных вод и обеспечить их рациональное использование; устранением и уменьшением сбросов сточных и рудничных вод в гидрографическую сеть; устранением или уменьшением выбросов в атмосферу отходов переработки; предотвращением ветровой и водной эрозии нарушенных земель; утилизацией вскрышных пород и отходов переработки.

Одним из средств уменьшения прямого воздействия на земли является управление карьерными откосами. Анализ проектных решений и опыта открытой разработки значительного числа месторождений свидетельствует

о том, что выбор нерациональных параметров карьерных откосов приводит к большим изменениям затрат на вскрышные работы, отвалообразование и снижает эффективность открытой разработки. При этом следует учитывать, что с увеличением глубины карьера соответственно увеличивается заложение борта, т.е. его проекция на земную поверхность. Чем положе откос, тем больше земли нарушается по контуру карьера. Увеличение объема вскрышных работ в связи с нерациональными параметрами карьерных откосов ведет к увеличению объемов отвалов, а, следовательно, к увеличению площади земель, требуемых для их размещения.

В значительной степени задача достижения высоких экономических результатов горного производства, лучшего использования недр и земель может быть решена посредством управления карьерными откосами. По мнению Н.В. Мельникова, в связи с большим масштабом и глубиной карьеров должна по-новому решаться проблема управления откосами бортов. Под управлением откосами бортов можно понимать, во-первых, определение углов откосов с надежным, но не преувеличенным запасом прочности и, во-вторых, создание крупных по масштабу методов и средств искусственного полного и локального укрепления их. Углы наклона бортов карьеров должны быть оптимальными с технико-экономической точки зрения. Критериями оптимальности могут служить минимизация приведенных затрат или максимизация прибыли, подсчитанная с учетом перебора всех возможных в данных условиях вариантов формирования равноустойчивых бортов карьеров с различными углами наклона, профилями борта, способами и средствами искусственного повышения устойчивости ослабленных участков и зон.

Увеличение емкости внешних отвалов и хвостохранилищ также является одним из мероприятий по охране и рациональному использованию зе-

мель на горных предприятиях, так как способствует сокращению прямого и косвенного воздействия на земли.

Целесообразность использования этого мероприятия для конкретного горного предприятия определяется спецификой условий разработки месторождения, наличием земельных участков, необходимых для размещения отвалов и хвостохранилищ, условиями оптимизации параметров техногенных ландшафтных комплексов и гармоничного состояния их с природными, направлением последующей рекультивации.

Примером применения этого мероприятия является существенное увеличение высоты хвостохранилища за счет намыва второго яруса на Кингисеппском ПО «Фосфорит», выполненное на основе совместных исследований ЛГИ и ГИГХСа.

Складирование вскрышных пород и отходов производства на непродуктивных или нарушенных землях. Реализация этого мероприятия зачастую осложняется техническими, экономическими, организационными и другими причинами. При производстве горных работ естественно стремление разместить вскрышные породы и отходы переработки в выработанном пространстве месторождений.

На открытых горных работах внутреннее отвалообразование возможно в большинстве случаев разработки горизонтальных и пологих залежей и в отдельных случаях при разработке вытянутых наклонных и крутопадающих залежей.

Для складирования отходов обогащения полезных ископаемых могут использоваться отработанные карьеры, незаполненные или заполненные внутренними отвалами. В обоих случаях требуется выполнение комплекса различных инженерных мероприятий для предотвращения прорыва уложенных хвостов из созданных емкостей, сохранения, очистки вод и организации оборотного водоснабжения обогатительных фабрик, предотвращения

загрязнения окружающей среды отходами обогащения, проведения последующей рекультивации хвостохранилищ. Выполнение такого комплекса мероприятий хотя зачастую и требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, но дает ряд положительных результатов, а именно:

- ◆ снижаются размеры площади нарушенных земель;
- ◆ сокращается объем капитальных вложений на складирование отходов обогащения;
- ◆ рекультивация земельных участков, где размещены отходы обогащения, производится в ходе горных работ, а не после заполнения хвостохранилища; в связи с этим период отчуждения земель из лесохозяйственного пользования значительно сокращается;
- ◆ уменьшаются объемы горно-планировочных работ, а, следовательно, и затраты на рекультивацию земель, нарушенных горными работами;
- ◆ устраняется или в значительной степени сокращается ущерб окружающей среде от запыления атмосферы и оседания пыли на окружающие земли в связи с дефляцией хвостохранилища.

Важным средством охраны и рационального использования ландшафта и земельных ресурсов является утилизация вскрышных пород и отходов переработки полезных ископаемых. Естественно, что чем меньше объем вскрышных пород и отходов переработки, тем меньше требуется земель для их размещения, тем меньше объемы работ по их противоэрозионному укреплению.

Для сокращения площадей земель, отчуждаемых под отвалы и хранилища отходов, в ряде случаев целесообразно использовать отходы в качестве закладочного материала при подземной разработке месторождений.

В последнее время много внимания в России и за рубежом уделяется проблеме противоэрозионной защиты земель, нарушенных горными работами. При первых же попытках решения этой проблемы традиционными

методами, относящихся к концу 60-х (США, Канада, Австралия, ЮАР, ПНР) — началу 70-х годов (СССР, ВНР, ЧССР, ФРГ, Ливия), возникли трудности, обусловленные спецификой инженерно-технических и природных факторов, присущих горному производству.

Особые условия эксплуатации горных отвалов (в том числе гидро- и солеотвалов), шламо- и хвостохранилищ, а также транспортных коммуникаций в пределах земельных участков, переданных для пользования горным предприятиям, выдвинули ряд задач по укреплению эродлируемых поверхностей, решение которых традиционными методами оказалось недостаточно эффективным, а часто невозможным и потребовало разработки более действенных методов. В связи с этим возникла необходимость проанализировать специфику эрозионных процессов на объектах горного производства, систематизировать задачи, возникающие при осуществлении противоэрозионных мероприятий, и накопленный опыт решения этих задач.

Основные виды отрицательного воздействия продуктов эрозии на природную среду следующие:

1. Необратимые изменения структуры и состава почв — снижение водопропускности и механической прочности агрегатов с последующим ухудшением агрофизических свойств почв; разубоживание гумусового и солевого составов почв; изменение их водоудерживающей способности, приводящее в одних случаях к иссушению, в других — к заболачиванию угодий.

2. Необратимые изменения состава, структуры и свойств потенциально плодородных пород, уложенных на поверхность нарушенных земель с целью их последующей биологической рекультивации.

3. Загрязнение почв и почвогрунтов воздушными и водными выносами дисперсных минеральных частиц, что приводит в ряде случаев к порче растительного покрова, засолению и заболачиванию поверхности.

4. Засоление почв и почвогрунтов и интоксикация растений продуктами химического разрушения пород. Особенно сильно это проявляется в зонах размещения отвалов производства калийных удобрений (солеотвалов).

5. Запыление воздушного бассейна продуктами ветровой эрозии. Наиболее интенсивными источниками запыления являются инженерные сооружения, в результате эксплуатации которых на их поверхности откладываются или образуются слои тонкоизмельченных пород (хвостохранилища, гидроотвалы, автотранспортные пути в пределах территории горных предприятий и т.п.).

6. Загрязнение водного бассейна продуктами ветровой и водной эрозии (твердыми примесями и химическими растворами).

7. Ухудшение физико-технических параметров пород, используемых в различных инженерных сооружениях, например, ухудшение несущей способности и фильтрационных характеристик конструктивных элементов гидротехнических сооружений (дамб хвостохранилищ, плотин, бортов водоотводных каналов и дренажных траншей и пр.); изменение свойств грунтовых оснований; разрушение насыпей и др.

Степень проявления перечисленных негативных воздействий и величина наносимого ими ущерба целиком зависят от способности пород противостоять эрозии.

Основными объектами эрозии на горных предприятиях, наносящими наибольший ущерб окружающей природной среде, являются:

- ◆ хвостохранилища и им подобные гидротехнические сооружения (гидроотвалы, шламоохранилища и др.);
- ◆ отвалы песчано-глинистых пород;
- ◆ различные транспортные поверхности (эксплуатируемые бермы отвалов, дамб хвостохранилищ, подъездные и внутрикарьерные дороги и

пр.), по которым осуществляется регулярное передвижение тяжелого оборудования и автотранспорта.

Задачи по противоэрозионному укреплению поверхностей хвостохранилищ следует рассматривать как типовые, поскольку хвостохранилища содержат все элементы поверхностей, встречающиеся на других объектах. Кроме того, хвостохранилища отличаются наиболее сложной спецификой инженерно-технических условий эксплуатации, а для возникновения интенсивных эрозионных процессов обладают наиболее благоприятными условиями.

П.Г. Беленький выделяет четыре задачи, специфика которых определена размерами, конфигурацией и эксплуатационными функциями элементов хвостохранилища:

1. Укрепление пологих поверхностей пляжей хвостохранилищ.
2. Укрепление поверхности внутреннего откоса ярусной ограждающей дамбы.
3. Укрепление наружных откосов ярусных дамб обвалования.
4. Укрепление поверхности берм дамб обвалования.

Практический опыт применения различных методов укрепления подверженных эрозии поверхностей позволяет оценить степень их пригодности для решения рассмотренного комплекса задач и определить направления дальнейшего их совершенствования.

Механический метод защиты поверхности от эрозии основан на возведении механической преграды на пути разрушающего агента (воздушного или водного потока). В отличие от биологического и химического методов противоэрозионной защиты породы, слагающие защищаемую поверхность, непосредственно не участвуют в процессе повышения устойчивости поверхности к эрозии.

Для преграждения пути водным потокам применяют специальные способы вспашки склонов с образованием продольных борозд на поверхности откоса, возводят земляные валы или водоотводные нагорные траншеи и т.п.

Однако такие способы не защищают поверхность склонов от прямого воздействия дождя и ветра. Большой надежностью характеризуются способы непосредственного покрытия эродируемой поверхности хвостохранилищ твердыми конструктивными элементами типа сплошных или решетчатых щитов (с последующей посадкой растений в ячейках решеток), сборных железобетонных элементов, соломенных, тростниковых или камышовых матов и плит (последние предварительно обрабатываются вяжущими составами), насыпных слоев щебня, шлака, древесной коры и т.п. В последнее время для укрепления поверхности откосов высоких земляных сооружений типа насыпных плотин, отвалов песчано-глинистых пород применяют покрытия из синтетических полотен. Однако в этом случае затруднена последующая биологическая рекультивация.

Способы механической защиты поверхности от эрозии отличаются значительной трудоемкостью, низкой производительностью и для решения рассмотренных выше задач используются лишь в отдельных случаях, главным образом, как вспомогательные в сочетании с биологическим закреплением поверхности.

Биологический метод защиты поверхности от эрозии предусматривает посадку (посев) культурных или дикорастущих растений на поверхностном слое укрепляемых пород или внесение в этот слой культур микроорганизмов.

Защита пород от разрушения достигается благодаря двум эффектам: глубинному (объемному) связыванию минеральных частиц в пределах укрепляемого слоя и экранированию поверхности от внешних воздействий.

В первом случае эффект укрепления создается в результате склеивающего действия продуктов жизнедеятельности микроорганизмов (бактерий, низших растений) или вследствие армирующего действия корневой системы растений. Во втором случае наземная часть биомассы, покрывающая защищаемую поверхность, предотвращает непосредственное воздействие на эту поверхность воздушных и водных потоков или предельно снижает их скорость вблизи поверхности. Кроме того, ослабляется проявление температурного контраста, связанное с суточными колебаниями температуры окружающей среды.

И, наконец, даже при неравномерном зарастании поверхности такие участки служат просто механическим препятствием для частиц грунта, перемещаемых с незаросших участков, и тем самым предотвращают вынос продуктов эрозии в окружающую среду.

В практике противоэрозионной защиты нарушенных горными работами земель наибольшее распространение получил способ залужения поверхности, в особенности поверхности откосов, которые не предназначены для лесо- или сельскохозяйственного использования. Здесь эффективно могут быть использованы торфодеривовые ковры.

Выращенные вне отвалов (на верховых торфяниках) ковры транспортируют с помощью простейших средств (волоком на металлических листах) к отвалу и вручную укладывают на откосе.

В результате анализа рассмотренных выше способов биологического закрепления эродлируемых поверхностей можно заключить, что с экологической точки зрения биологический метод противоэрозионной защиты является наиболее прогрессивным и перспективным. Однако такое укрепление поверхности остается пока весьма трудоемким, дорогостоящим и «чувствительным» к природно-климатическим условиям. Кроме того, учитывая значительную стоимость работ, с помощью биологического метода целесо-

образно укреплять только отстроенные (погашаемые) поверхности. Поэтому биологическое укрепление (биологическую рекультивацию) поверхности эксплуатируемых отвалов и хвостохранилищ, можно рекомендовать лишь для наружных откосов нижних ярусов. Широкое промышленное внедрение биологического метода закрепления крутонаклонных откосов в практике горного производства сдерживается отсутствием средств механизации.

Современные прогрессивные тенденции в развитии биологического метода противоэрозионной защиты заключаются в следующем.

1. Совершенствование способов создания почвенного слоя из самого укрепляемого материала. Создание почвенных структур из этого материала с помощью химических веществ. При этом в качестве последних предпочтение отдается высокополимерным соединениям, в частности, поликомплексным композициям, внесение которых в мелиоративный слой позволяет быстро создать высокоструктурную почву с высокой гидроаккумуляционной способностью и стабильными агрохимическими характеристиками.

2. Выбор оптимального ассортимента трав для конкретных природно-климатических условий, агрохимических и агрофизических свойств закрепляемых пород. В последнее время предпочтение отдается диким почвопокровным растениям (разрастающимся по поверхности, а не в высоту), не требующим особо благоприятной среды. Намечена тенденция к использованию почвенных водорослей для повышения противоэрозионной стойкости почвогрунтов и формирования почвенного слоя в песках.

3. Разработка рациональных способов гидропосева трав для закрепления горизонтальных и пологих поверхностей.

4. Формирование вне укрепляемой поверхности гибких или жестких конструктивных элементов (плит, матов, крупных гранул) из питательных

грунтотравяных смесей с последующей механизированной укладкой этих элементов на крутонаклонные поверхности.

Физико-химический метод противоэрозионного укрепления поверхности основан на управлении свойствами и структурой грунта в укрепляемом слое путем введения в него различных вяжущих веществ. По типу применяемых вяжущих (структурообразователей) различают способы: цементации, битумизации, силикатизации, укрепления грунтов синтетическими смолами, сложными высокополимерными композициями и др.

В процессе укрепления грунтов участвуют две физико-химические системы: грунт и структурообразователь (вяжущее). Процесс протекает на границе контакта этих двух систем.

Для предотвращения эрозии на горных предприятиях могут использоваться различные типы структурообразователей: неорганические вяжущие, битумы, синтетические смолы, лигнины, латексы, полиэлектролитные композиции (поликомплексы), реже цементы.

К способам закрепления грунтов неорганическими растворами можно отнести силикатизацию, укрепление грунтов фосфатными вяжущими, кремнефторводородной кислотой и ее солями, растворами солей железа и алюминия и др.

Среди этих способов наибольшее распространение получили процессы силикатизации (одно- и двухрастворной), основанные на совместном применении растворов жидкого стекла — силикатов щелочных металлов (натрия, калия) и различных гелеобразующих добавок, а также на применении суспензий портландцемента в растворах силиката натрия.

Во всех этих случаях закрепление и снижение проницаемости дисперсных грунтов достигается в результате образования твердеющих гелей, в которых твердая фаза преимущественно представлена кремнекислотой,

гидросиликатами, гидроалюмосиликатами или полимерсиликатами — в зависимости от состава используемых растворов или суспензий.

Отечественная химическая промышленность выпускает достаточно большой ассортимент различных смол, полимеров и других химических веществ, позволяющих использовать их в качестве компонентов вяжущего для различных грунтов.

При выборе состава структурообразователей на основе синтетических смол необходимо учитывать следующие требования: недефицитность, выпуск промышленностью в достаточно большом объеме; безопасность и нетоксичность; быстрота отверждения; хорошая растворимость в воде в широком диапазоне температур, малая вязкость раствора; обеспечение необходимой прочности и долговечности покрытия; водопроницаемость структурированных грунтов.

Прочностные, гидрофобные и гидрофильные свойства структурированного грунта зависят от физико-химических свойств структурообразователя и частиц структурируемого материала.

Смолизация широко применяется в практике закрепления грунтов. Отечественной промышленностью выпускаются различные модификации мочевиноформальдегидной смолы (МФС): МФ, МФ-17, крепители М, М-2, М-3, М-60, карбамидная смола, модифицированная поливиниловым спиртом, крепитель К и модифицированная фуриловым спиртом мочевиноформальдегидная смола (МФС-0,1), а также хорошо растворимая модификация карбамидной смолы (КС-М 0,3-СВЛ).

Карбамидные смолы представляют собой продукты поликонденсации формальдегида и мочевины или ее производные. Карбамидные смолы хорошо растворимы в воде, вязкость растворов в зависимости от концентрации колеблется от 0,003 до 0,005 Па·с, обладают хорошей проникающей способностью.

Получаемые покрытия на основе МФС обладают пределом прочности на растяжение 0,5—1,5 МПа.

Защита грунтов от ветровой и водной эрозии с помощью латексов заключается в нанесении на поверхность грунтов каучуковой пленки, склеивающей грунтовые частицы и тем самым предотвращающей выдувание их сильными ветрами. Латексы применяются для закрепления грунтов в очагах дефляции, защиты посевов от засыпания переносимым мелкоземом на вновь осваиваемых площадях, от выдувания песчаных почв на виноградниках. Преимущество латексов заключается в том, что они являются одnorастворным быстротвердеющим структурообразователем, требующим для получения покрытия малых расходов вяжущего; образующиеся покрытия — высокоэластичные. Однако прочность закрепленного грунта невысокая. Как отмечает А.И. Игнатенко, наибольшее распространение получили синтетические латексы СКС-3ОПХ и СКС-65ГП с содержанием стирола соответственно 27 и 65 %, а также АРМ-15. Для укрепительных работ используются водные растворы латексов 1—5 %-ной концентрации. При этом их расход в зависимости от назначения покрытия и условий его применения может составлять от 0,2 до 1 т/га.

В настоящее время для укрепления сыпучих материалов все чаще находят применение в качестве структурообразователей сложные композиции высокополимерных соединений. Композиции состоят из полиэлектролитов — высокомолекулярных веществ, молекулы которых содержат анион- и катионактивные группы. Вещества, содержащие противоположно заряженные группировки, взаимодействуют между собой, образуя так называемые поликомплексы. Для их получения достаточно смешать водные растворы двух полиэлектролитов анионного и катионного типов. Реакция образования поликомплекса протекает практически мгновенно.

Физико-химические и механические свойства поликомплекса резко отличаются от свойств исходных полимерных компонентов. Благодаря высокой прочности они могут найти применение для защиты почв от ветровой и водной эрозий.

Анализ физико-химического метода противозерозионной защиты, а также опытных и патентных данных по разрабатываемым в этой области решениям позволяет определить следующие тенденции в совершенствовании метода:

- ♦ разработка рациональных способов инъектирования в грунт укрепляющего агента в сочетании с рыхлением и уплотнением укрепляемой поверхности;

- ♦ выбор или разработка укрепляющих составов, предназначенных для каждого конкретного сочетания инженерно-геологических, инженерно-технических, природно-климатических условий и конъюнктурных ситуаций;

- ♦ механизация основных и вспомогательных процессов во всех звеньях технологической цепи, а именно: подача реагентов от склада растворному узлу, процесс приготовления растворов (совершенствование приемов дозирования, перемешивания и т. п.), оперативная подача растворов к укрепляющим агрегатам и внесение растворов в укрепляемую поверхность.

Таким образом, многообразие природных и технических факторов привело к созданию множества различных способов противозерозионной защиты, которые по принципу их осуществления относятся к одному из трех вышеуказанных методов.

Механический метод имеет ограниченное применение и используется в основном как вспомогательный в сочетании с остальными.

Биологический метод в наибольшей степени соответствует современным экологическим требованиям, поскольку одновременно с противо-

эрозионной защитой поверхности способствует восстановлению гармонии техногенных и природных ландшафтных комплексов, улучшению состояния окружающей среды и экологических условий.

Однако этот метод наиболее трудоемкий и дорогостоящий, он не обеспечен достаточно эффективным комплексом средств механизации работ при укреплении крутонаклонных поверхностей и может применяться только для закрепления погашаемых, выводимых из эксплуатации поверхностей инженерных сооружений. Кроме того, в зонах сильно развитой эрозии этот метод используется только в сочетании с другими, преимущественно физико-химическим методом для первичного закрепления поверхности.

Физико-химический метод противозэрозионной защиты в сравнении с приведенными выше является наименее трудоемким и наиболее дешевым. Метод универсален по отношению к свойствам укрепляемой поверхности и факторам внешнего разрушающего воздействия и может быть рекомендован для преимущественного использования в специфических условиях эксплуатации горных предприятий. Для повышения его эффективности необходима разработка рациональных составов вяжущих и способов их внесения в укрепляемую породу, учитывающих специфику условий осуществления метода на объектах горного производства, а также соответствующих средств механизации, обеспечивающих его технологичность и широкое промышленное внедрение.

## **2.2 Комплекс мер по снижению отрицательного воздействия геологоразведочных работ на атмосферу**

Наиболее эффективен с экологических и социально-экономических позиций комплекс профилактических мероприятий, направленных на предупреждение загрязнения атмосферного воздуха пылегазовыми выбросами

горного производства. Мероприятия по устранению последствий загрязнения воздушного бассейна менее эффективны, более трудоемки и дорогостоящи, а зачастую вообще невыполнимы в силу масштабов воздействия, многочисленности и многообразия объектов, претерпевающих это воздействие, различной степени устойчивости их к поражению. Так, очевидно, что более целесообразно и эффективно предотвращать выбросы в атмосферу отходов производства, например, на предприятиях цветной металлургии, влияющих на понижение урожайности и качества сельскохозяйственных культур, произрастающих на прилегающих к предприятиям землях, чем проводить мелиорацию земель, нейтрализацию вредных веществ, накапливающихся в почвах, подбирать и выращивать другие, более устойчивые к воздействию, но менее необходимые для народного хозяйства культуры.

Мероприятия по охране воздушного бассейна могут быть разделены на две группы:

- общего характера, способствующие улучшению состояния воздушного бассейна в районе горного предприятия;
- специальные, непосредственно направленные на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха.

В первую группу включены:

- 1) территориально-планировочные мероприятия, предусматривающие размещение объектов горного производства — источников пылегазо-выделений с учетом природно-климатических условий местности, прежде всего розы ветров, а также планомерность нарушения и восстановления земель;
- 2) мероприятия по уменьшению площадей эродируемых техногенных поверхностей посредством оптимизации параметров техногенных об-

разований: открытых горных выработок, отвалов различного рода, в том числе терриконов, хвостохранилищ, складов минерального сырья и пр.;

3) рекультивация нарушенных земель для использования их в народном хозяйстве, обеспечивающая предотвращение ветровой эрозии;

4) утилизация отходов горного производства, комплексное использование минеральных ресурсов, способствующие уменьшению как площадей эродируемых поверхностей, так и объемов пылегазовыделений.

Ко второй группе отнесены:

1) мероприятия по улавливанию, отводу и очистке пылегазовых выделений и выбросов;

2) мероприятия по улучшению качества воздуха непосредственно в зоне горных работ путем предотвращения или снижения пылегазовыделений различными объектами в технологической цепи производства;

3) мероприятий межотраслевого характера, например, по улучшению газового баланса отработанных горюче-взрывчатых веществ и т.д.

Причем для тех или иных объектов или источников загрязнения атмосферы могут применяться как отдельные средства и способы, так и их комбинации.

Для снижения запыленности рудничного воздуха, выходящего из подземных горных выработок, применяют две группы мероприятий. Первая группа заключается в установке специальных очистных устройств в местах, где рудничный воздух выбрасывается в атмосферу. Мероприятия второй группы предусматривают улучшение качества рудничного воздуха в шахте (руднике) посредством подавления, связывания и удаления пыли при выполнении технологических процессов. Среди мероприятий второй группы чаще всего применяют орошение, пылеподавление пеной, пылеулавливание, осаждение пыли на поверхности выработок, предварительное увлажнение массива горных пород.

На подземных горных работах накоплен определенный опыт использования устройств для отсоса пыли при бурении шпуров и скважин. Известны технические решения, позволяющие интенсифицировать осаждение пыли на поверхности горных выработок. На шахтах для цели применяют специальные пласты, которые наносят на крепь горных выработок. В состав пласта входят водный раствор хлористого магния (натрия) и гидроксид магния.

Анализ известных способов и путей снижения вредного воздействия массовых взрывов на окружающую среду показывает, что все известные технические решения можно условно отнести к пассивным способам защиты окружающей среды при взрывах в карьерах и разделить на следующие три группы:

- способы предупреждения образования пылегазового облака (ПГО),
- способы подавления ПГО,
- способы утилизации ПГО.

К первой группе относятся: применение малогазовых типов ВВ и управление действием взрыва, повышение прочности забойки скважин, снижение массы заряда ВВ в скважине, снижение величины перебура в скважине, уменьшение диаметра скважины и пр.

Во вторую группу входят: гидрозабойка и гидрогелевая забойка скважин, гидроорошение и покрытие взрываемого блока пеной, гидроминное взрывание, подавление ПГО водо-воздушными струями карьерных вентиляторов и др.

К способам утилизации (третья группа) следует отнести гидрообеспыление, пылеулавливание и дегазацию взорванных блоков в карьере.

На Рыбальском карьере по добыче нерудных полезных ископаемых (Украина) специалистами Государственной горной академии Украины апробирован новый способ защиты атмосферного воздуха от загрязнения

пылегазовыми выбросами при проведении массовых взрывов, относящихся к третьей группе. Сущность способа заключается в использовании одновременно нескольких технических устройств для залпового выброса высоконапорного жидкого агента (воды, гидрогеля, ПАВ и пр.) в эпицентр пылегазового облака в момент его зарождения и формирования над взорванным блоком в карьере. Выброс агента из специальных устройств направляют навстречу друг другу, соударяют и диспергируют в эпицентре зарождающегося ПГО, что обеспечивает эффективное охлаждение эпицентра облака и активную нейтрализацию пылегазового выброса. Залповый выброс жидких агентов над взрываемым блоком производят дистанционно с некоторым упреждением относительно начала массового взрыва, что обеспечивает соударение и диспергирование струй в центре и по периферии ПГО в момент массового взрыва. Устройства располагают вокруг взрываемого блока напротив друг друга на одинаковом расстоянии от центра взрываемого блока. Количество устройств выбирают в зависимости от размеров взрываемого блока.

Для охраны воздушного бассейна от вредных газовых примесей в зависимости от источника загрязнения применяют следующие мероприятия.

Для очистки от вредных газообразных примесей воздуха, выбрасываемого в атмосферу из подземных горных выработок, устанавливают специальные очистные устройства. Для снижения газовых выделений при проведении технологических операций осуществляют изоляцию выработанного пространства, дизельную технику заменяют машинами и оборудованием с электроприводом.

Перспективной является утилизация метана, выносимого из шахт вентиляционными потоками. В настоящее время складывается два направления, одно из которых предусматривает отделение газа от общего воздушного потока с доведением газа до необходимой концентрации и после-

дующим сжиганием в топках котельных, а второе — максимальный отбор газа (метана) из угольных пластов и пород с помощью их предварительной дегазации и использование дегазационной смеси в топках котельных при максимальном обеспыливание в местах ее образования.

Проводятся мероприятия по предупреждению пожаров на карьерах и разрезах, возгорания пород в отвалах и терриконах, приводящих к выделению в атмосферу значительных объемов газообразных продуктов.

К средствам противопожарной профилактики можно отнести:

- предварительное увлажнение пластов посредством принудительного нагревания в них воды или специальных антипирогенных растворов;
- полное извлечение из недр полезных ископаемых и горных пород, склонных к самовозгоранию;
- отработку вскрытых полезных ископаемых со скоростью, предупреждающей опасность аккумуляции тепла в нарушенном массиве;
- взрывание скважин, пробуренных в породах, склонных к быстрому самовозгоранию, до момента развития в них интенсивного пирогенного процесса;
- применение пожаробезопасных систем разработки.

На некоторых предприятиях для охраны атмосферы от вредного влияния горящих породных отвалов проводят профилактические работы по предупреждению самовозгорания вновь формируемых отвалов и осуществляют активное тушение горящих отвалов. Отсыпаемым отвалам придают плоскую форму. Каждый слой проиливают и чередуют со слоем глины толщиной 0,3 м, затем отвальную массу планируют бульдозерами, уплотняют катками и переслаивают по контуру полосами из негорючих материалов шириной 3 м и толщиной 0,25-0,3 м. При формировании такого отвала среднюю зольность отвальной массы доводят до 70-80%, а породу, поступающую в отвал дробят до крупности не более 50 мм.

Тушение горячих отвалов и терриконов осуществляют посредством их заиливания глинистой пульпой консистенции  $T : Ж = 1 : 10$ , нагнетаемой через специально установленные инжекторы.

Очистка газов взвешенных твердых частиц (пылеулавливание) имеет различное назначение: технологическое — улавливание готовой порошкообразной продукции или подготовка газа к переработке; экономическое — сокращение безвозвратных потерь ценных продуктов; природоохранное — предупреждение загрязнения атмосферы пылевыми выбросами.

Наиболее простой, надежный и экономически эффективный способ пылеулавливания — циклонный, основным достоинством которого является устойчивость работы циклона при высокой концентрации пыли.

Сущность циклонного способа пылеулавливания заключается в том, что запыленный газ вводят в направляющее (закручивающее) устройство, в котором он приобретает вращательное или вихревое движение и перемещается в потоке, под действием центробежной силы движутся к стенке корпуса циклона, спускаются по ней вниз и выводятся из аппарата через разгрузочное устройство (шлюз), не пропускающее газ. Движение очищенного потока преобразуется внутри циклона во внутренний восходящий вихрь, который выводится через выхлопной патрубок.

В настоящее время известно большое число конструкций циклонов, которые используют в горно-добывающей промышленности.

Во многих отраслях применяют очистку газов с использованием электрических и газовых фильтров, а также промывку газов орошающими жидкостями.

Основные направления совершенствования пылегазоочистки на перерабатывающих предприятиях заключается:

- в применении замкнутых технологических циклов (без выброса пыли и газов атмосферу);

- в совершенствовании технологии пылеобразующих процессов;
- в совершенствовании методов и аппаратуры для очистки газов от пыли и вредных газообразных компонентов (циклонов, электро- и тканевых фильтров, скрубберов ит.д.);
- в замене котлов устаревших конструкций на более совершенные в производственных и коммунально-бытовых котельных.

### **2.3 Комплекс мер по снижению отрицательного воздействия геологоразведочных работ на гидросферу**

Под охраной водного бассейна (природных вод) понимается соблюдение установленного порядка пользования, т.е. обеспечение рационального управляемого использования, сохранения и восполнения их ресурсов при восстановлении или улучшении их качества в интересах существующих и будущих поколений.

Охрана природных вод осуществляется посредством выполнения комплекса организационных, экономических и инженерно-технических, в том числе технологических, гидротехнических, лесомелиоративных, агротехнических и других мероприятий под постоянным контролем (гидрогеологическим, гидрологическим, санитарным) состояния и качества вод.

В основу разработки и реализации мероприятий по охране природных вод закладываются три методологических принципа: 1) сохранение ресурсов и предотвращение нарушения состояния и качества вод; 2) при необходимости нарушения — рациональное использование; 3) в процессе и после использования — восстановление качества и состояния, восполнение запасов.

В соответствии с этими принципами комплекс мероприятий по охране природных вод подразделяется на две группы.

К первой группе относятся мероприятия *предохранительного характера*, направленные на сохранение запасов, режимов и качества поверхностных и подземных вод.

Ко второй группе относятся мероприятия *восстановительного характера*, включающие рациональное использование, очистку и возврат вод в поверхностные водоемы водотоки, подземные горизонты.

**Сохранение запасов, режимов и качества поверхностных и подземных вод.** В случае, если месторождение обводнено, но дренажные воды не могут быть использованы по назначению, следует предусмотреть следующие мероприятия по сохранению запасов подземных вод: 1) сбрасывание или перекачку подземных вод разрабатываемой толщи пород в ниже лежащие водоносные горизонты; 2) сооружение барражей типа «стена в грунте», противодиффузионных завес, гидро- и пневмозавес.

Первый метод получил достаточно широкое применение в практике горных пород и реализуется в основном посредством проходки с поверхности земли водопоглощающих или нагнетательных скважин. Этим же методом производится восполнение запасов пресных подземных вод. Для этой цели могут быть использованы запасы пресных вод, накопленные или сосредоточенные в поверхностных водоемах и водотоках. Пресные воды с поверхности в соответствующие подземные водоносные горизонты или естественные подземные емкости (карстовые полости, трещиноватые толщи скальных пород и пр.).

В последний период во многих странах мира с целью охраны окружающей среды входит в практику захоронение в недрах промышленных стоках, особенно токсичных, путем их нагнетания через скважины. В отдельных случаях, с учетом геологических и гидрогеологических особенностей массива, степени токсичности и концентрации загрязняющих веществ

в сточных водах, создают подземные водохранилища методом выщелачивания солей.

Для воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод, особенно напорных, часто залегающих на большой глубине (200-300 м и более), захоронения промышленных стоков может быть использован опыт, накопленный в нефтедобывающей промышленности при применении способов законтурного и внутриконтурного заводнения нефтяных залежей на глубине 1000 м и более. Реализация метода требует выполнения обстоятельных изысканий прежде всего для определения приемной способности подземных коллекторов, их изолированности, надежности их состояния, особенно в районах тектонической активности, при которых обеспечиваются накопление запасов, сохранение их качества, предотвращение загрязнения пресных вод в результате выщелачивания вмещающих пород или проникновения минерализованных вод, предотвращение загрязнения подземных вод захороненными промышленными стоками. Хотя еще не зафиксированы серьезные случаи загрязнения недр захороненными промышленными стоками, однако этот метод потенциально опасен, и его применение требует научного и экономического обоснования, тщательности исполнения, организации постоянно действующего гидрогеологического контроля.

**Создание противofильтрационных завес.** В отличие от традиционных методов осушения месторождений полезных ископаемых, когда срабатываются статические и динамические ресурсы подземных вод, метод создания противofильтрационных завес различного типа не только подготовить месторождение к освоению и обеспечить нормальные и безопасные условия производства горных работ, но и решить другие важные задачи:

- 1) уменьшить или предотвратить водопритоки в зону горных работ и соответственно сократить объемы дренажных вод, сбрасываемых в открытые водоемы и водотоки;

2) сохранить ресурсы подземных вод в прилегающем к месторождению районе;

3) сохранить естественный режим подземных вод.

Последнее положение особенно важно для месторождений, где подземные воды нарушается застойный режим подземных вод и происходит подтягивание менее минерализованных вод, что приводит к активизации карстовых процессов. В связи с существенным сокращением и даже исключением активного отбора вод из района, прилегающего к разрабатываемому участку месторождения, этот метод определяется как метод «пассивного осушения».

Противофильтрационные завесы различного типа все более широко применяются в промышленно развитых странах при строительстве и горных работах. Особенно часто применяются барражи типа «стенка в грунте» как один из прогрессивных, эффективных и экономических способов предотвращения притока подземных и подрусловых вод. Сущность способа заключается в устройстве вертикальных стенок из водонепроницаемых материалов, пересекающих водоносные горизонты и перекрывающих притоки грунтовых и подземных вод в горные выработки или в выемки при строительстве крупных промышленных и гражданских объектов.

Барражные завесы типа «стенка в грунте» широко применялись в Польше при ограждении серных карьеров от проникновения притоков инфильтрационных потоков вод Вислы, а также притоков грунтовых вод. Аналогичные работы проводились в Германии при разработке бурогольных карьеров и также подтвердили эффективность противофильтрационных барражей. Впервые в нашей стране этот способ был применен в 1968-1970 гг. на Украине при строительстве Подороженского серного карьера Роздольного ПО «Сера». Длина барражной траншеи составила 11 км.

Противофильтрационные завесы для перехвата подземных вод в глубине залегающих водоносных горизонтах выполняются посредством нагнетания через скважины различных тампонажных материалов. Этот способ был успешно применен в начале 50-х годов для предотвращения водотоков в горные выработки при разработке одного из угольных месторождений в Венгрии, отличающегося сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями. Но поскольку противофильтрационные завесы имеют большое природно- и ресурсоохранное значение, их эффективность следует оценивать с учетом предотвращенного ущерба народному хозяйству при ухудшении состояния окружающей среды.

Применение предохранительных мероприятий при разработке водобильных месторождений полезных ископаемых способствует сохранению природных водных ресурсов и имеет большой народно-хозяйственный эффект.

#### **Восстановительные мероприятия по охране водного бассейна.**

Комплекс восстановительных мероприятий включает очистку дренажных (карьерных, шахтных, рудничных) и сточных вод горных производств, использование их для обеспечения деятельности горных предприятий, организацию оборотного водоснабжения, предотвращение или сокращение сброса дренажных и сточных вод в поверхностные водоемы и водотоки, их загрязнения и засорения.

Большие объемы шахтных вод, ежегодно откачиваемые на поверхность и сбрасываемые в различные водоемы и водотоки, требуют огромных затрат на их очистку. С целью сокращения объема откачиваемых шахтных вод создаются схемы перехвата дренажных вод при помощи опережающих, восстающих и разгрузочных скважин, прием в специальные коллекторы, исключают смещение шахтных вод и загрязнения их биологическими, химическими и механическими примесями. Эти воды используются для

питьевого и технического водоснабжения без дополнительной очистки, и только при наличии в дренажных водах газа и диоксида железа они подвергаются аэрации. Система скважин предварительного дренажа позволяет обеспечить перехват около 65-70% притока вод без поступления их в горные выработки, и только лишь 30-35% поступает в горные выработки и требует прохождения очистки перед их сбросом. Это позволит сократить вдвое затраты на строительство очистных сооружений, которые составляют от 6 до 15% стоимости основных фондов.

**Очистка вод.** Для предотвращения засорения и загрязнения природных вод дренажные и сточные воды подвергаются очистке. Выбор метода очистки зависит от размера частиц, физико-химических свойств и концентрации загрязняющих веществ, расхода сточных вод и необходимой степени очистки. Во всех случаях очистки вод первой стадией ее является механическая очистка, предназначенная для удаления взвесей и дисперсно-коллоидных частиц. К группе способов механической и гидромеханической очистки относятся: процеживание, отстаивание (гравитационное и центробежное), фильтрование. При последующей, более глубокой очистке сточных вод применяются самостоятельно или в различных комбинациях следующие методы: физико-химические (флотация, абсорбция, ионообмен, дистилляция, обратный осмос и ультрафильтрация, кристаллизация, десорбция и др.), химические (нейтрализация, коагулирование и флокулирование, окисление и восстановление — реагентная очистка), электрохимические (электролиз), биологические, термические.

На горных предприятиях для осветления сточных и дренажных вод наиболее распространение способ отстаивания как один из наиболее экономических и достаточно эффективных. Для этой цели организуются пруды-отстойники, вместимость и размеры в плане которых определяются в зависимости от объема сточных вод, размера и концентрации осаждаемых

частиц. Сточные воды обогатительных производств в виде пульпы подаются в хвостохранилище, где происходит осаждение основной части твердых частиц, а затем, уже в значительной степени осветленные, воды через сбросные колодцы поступают в пруды-отстойники. Серьезную проблему представляет очистка прудов-отстойников от шламов, их обезвоживание, обезвреживание, последующее складирование или утилизация. Решение этой проблемы в значительной степени зависит от характеристик минерального и механического составов шламов.

В отечественной и зарубежной горно-добывающей промышленности существует большое число примеров успешного использования различных методов очистки.

В Кузбассе для очистки шахтных вод, сбрасываемых в водоемы, широкое распространение получили открытые горизонтальные отстойники, облицованные бетоном.

Эффективная очистка шахтных вод Кизеловского бассейна от солей железа достигается посредством сульфатредуцирующих бактерий. В США в настоящее время очистке подвергается около 50 % рудничных вод. Для нейтрализации кислых вод, как правило, используют известняк, гашеную и негашеную известь, каустическую соду и другие реагенты.

**Оборотное водоснабжение на обогатительных фабриках.** Переход от «прямоточного» (река — предприятие — река) водоснабжения к замкнутому циклу, в котором однажды взятая вода все время находилась бы в обороте (как, например, при охлаждении автомобильного мотора), — основное направление в охране водных ресурсов, предполагающее полное исключение попадания сточных вод в реки и водоемы.

Современными проектами обогатительных фабрик горных предприятий предусматривается достаточно высокий уровень оборотного водоснабжения (до 90-95 % и более).

Осуществление замкнутого водооборота в процессе обогащения определяется необходимостью получения при очистке требуемого качества воды, обеспечивающего стабильность технологического процесса обогащения. Свежая вода расходуется при этом только на восполнение неизбежных потерь.

На горных и металлургических предприятиях Канады основная часть воды находится в замкнутом технологическом цикле. Например, на руднике «Куппер Клифф» 75 % потребляемой воды очищают и возвращают для повторного использования.

Во многих случаях оборотные системы водоснабжения обогатительных фабрик пополняются рудничными и шахтными водами.

Важное значение имеет **контроль состояния, режима и качества грунтовых, подземных и поверхностных вод**, подвергающихся воздействию при разработке месторождений полезных ископаемых. Этот контроль осуществляется службами главного инженера горного предприятия и районной санэпидемстанцией.

Состояние грунтовых и подземных вод, параметры депрессионных воронок определяется гидрогеологической службой предприятия посредством режимных гидронаблюдательных скважин. По данным замеров уровней подземных вод в гидронаблюдательных скважинах прослеживается динамика формирования депрессионной воронки или, наоборот, повышение уровня грунтовых вод при их подпоре и прогнозируется изменение дебитов существующих водозаборов в районе месторождения. Изменение химизма (минерализации) подземных вод определяется путем отбора дренажных вод и вод из гидронаблюдательных скважин. Полученные данные обрабатываются и документируются в виде планов гидроизогипс и гидроизопьез для каждого водоносного горизонта, фиксирующих положение депрессионных воронок по отношению к горным выработкам, таблиц изме-

нения химического состава (минерализации) подземных вод, таблиц или графиков, иллюстрирующих динамику объемов дренирования.

Контроль качества поверхностных вод и эффективности работы очистных сооружений осуществляется санитарно-промышленной лабораторией предприятия, задачи и обязанности которой регламентируются Положением о санитарных лабораториях промышленных предприятий. Санитарно-промышленные лаборатории ведут наблюдения за количеством и качеством воды, поступающей на очистные сооружения, за технической и гигиенической эффективностью работы очистных сооружений, а также за состоянием и качеством вод, водоемов и водотоков в местах сброса сточных вод и в пунктах водопользования. Количество воды, поступающей на очистные сооружения и сбрасываемой, должно замеряться посредством водомеров или других устройств, регистрирующих расход воды за сутки. Для контроля качества очистки стоков и влияния их на поверхностные воды отбираются разовые пробы воды в водоподводящих и водоподводящих лотках. Периодичность отбора проб и перечень показателей, по которым анализируются эти пробы, согласовываются с местными санитарными органами и органами водного надзора. Регулярный и оперативный контроль качества сточных вод позволит также установить причины нарушений нормативов состава и концентраций веществ в сточных водах и выявить нарушения или недостатки в системе очистки и технологии переработки (обогащения) полезного ископаемого.

**Снижение водоемкости горного производства.** Перспективное направление в улучшении использования водных ресурсов — снижение водоемкости производства и расхода воды на единицу продукции с последующим переходом (там, где это возможно) на «сухое» производство. Существенное снижение водоемкости производства и расхода воды дает,

например, использование обжига вместо флотационных методов обогащения.

## **2.4 Рекультивация нарушенных земель и комплексное использование минеральных ресурсов**

Под *рекультивацией* принято понимать комплекс мероприятий, направленных на восстановление нарушенных земель, с целью создания благоприятных условий для их дальнейшего эффективного использования в народном хозяйстве. Она направлена на устранение последствий воздействия промышленного производства на окружающую среду, в первую очередь на земли, и рассматривается как основное средство их воспроизводства.

Процесс рекультивации общепринято делить на рекультивацию горнотехническую и биологическую (агробиологическую). Строительная рекультивация в некоторых случаях может быть Применена вместо биологической, например, при рекультивации отвалов, находящихся в черте населенных пунктов.

Целью горнотехнической рекультивации является совмещение нарушенных земель с окружающим ландшафтом путем планирования поверхности отвалов, придания устойчивого состояния откосам отвалов и карьеров и выполнения других видов работ.

Целью биологической рекультивации является озеленение нарушенных земель и полное восстановление их первоначального биологического потенциала.

К связующему звену между этими двумя видами рекультивации можно отнести создание на биологически неактивных породах плодородного слоя почвы.

К *горнотехнической рекультивации* относятся и те мероприятия, которые могут проводиться на отвалах в период до начала биологической рекультивации: изоляция отвалов, как источников загрязнения прилегающих ненарушенных земель, водоисточников и воздуха; укрепление поверхности отвалов с целью предупреждения водной и ветровой эрозии; создание условий, препятствующих химическому разложению пород.

В зависимости от состава пород отвалов их укрепляют систематическим орошением, покрытием поверхности крупным гравием, введением в поверхностный слой органических материалов (мелиорирование). Возможно применение и химического способа укрепления, к которому относят покрытие поверхностей рекультивируемых участков коркой из цемента, извести, синтетической древесной смолы. В благоприятных случаях прибегают к временному озеленению отвальных пород. Наилучшим способом укрепления является нанесение на поверхность фитотоксичных пород мощного биологически активного слоя, например, лёссовидных пород, а поверх него — почвенного слоя, чернозема.

В современной практике формирования отвалов полностью учитываются свойства вскрышных пород, их биологическая активность. В нижние слои отвалов, как правило, укладывают породы, содержащие большое количество серы, солей натрия, кальция и магния, т. е. породы с сильно выраженными кислотными и щелочными свойствами. В последующем их необходимо перекрывать водонепроницаемыми породами, например, глиной (экранирующий слой). Поверх этих пород размещают нейтральные биологически активные породы. В засушливых районах при горнотехнической рекультивации можно формировать такой микрорельеф, который задерживал бы атмосферные осадки. В зависимости от того, в каких целях рекультивируются нарушенные земли, горнотехническую рекультивацию

на этом заканчивают или продолжают, размещая на биологически активных породах почвенный слой.

Иногда, наоборот, выгодно смешивание пород отдельных пластов, например пластов, содержащих серу, и известняковых пород. При этом происходит как бы взаимомелиорация, в результате чего через некоторое время смесь двух пород, фитотоксичных по отдельности, образует грунт, пригодный для биологической рекультивации.

К наиболее действенным способам горнотехнической рекультивации относится утилизация пород отвалов, использование их и качестве закладки, в сельском хозяйстве или в других целях. Утилизация пород при их соответствующей переработке высвобождает земельные площади и позволяет полнее использовать минеральные богатства земных недр.

Установлено, что с целью уменьшения изъятия земель рационально применение технологии отработки месторождений с внутренними отвалами; использование выработанного пространства карьеров для размещения вскрышных пород с разрабатываемых соседних участков; крупноплощадное расположение внешних отвалов в непосредственной близости от карьеров.

При большой протяженности месторождения с крутой залежью полезного ископаемого, когда внутреннее отвалообразование невозможно, рациональна блочная отработка карьерного поля с размещением пород в выработанное пространство предыдущего блока.

Для сокращения сроков закладки земель при внешнем отвалообразовании целесообразен вариант форсированного возведения отвалов на проектную высоту с односторонним подвиганием фронта от границ земельного участка к его центру с одновременной отсыпкой всех отвальных ярусов и их последующей рекультивацией.

Форма и размер отвалов в плане, рельеф их поверхности и геометрические параметры откосов должны обеспечивать хозяйственное освоение отвалов с максимальной эффективностью. Предпочтение отдается отвалам, имеющим площадь более 10 га и правильную геометрическую форму, максимально приближающуюся к квадрату, прямоугольнику или кругу. Такая форма отвала наиболее приемлема для рекультивации и последующего хозяйственного использования восстановленных земель. Предельная высота отвалов, при которой эффективна сельскохозяйственная рекультивация, в настоящее время еще окончательно не установлена. Однако имеются достаточно представительные результаты опытно-промышленных работ, выполненных Курским сельскохозяйственным институтом, в соответствии с которыми в качестве предельной может быть рекомендована высота отвала, равная 50—60 м.

В процессе отсыпки и последующей технической рекультивации отвалов с учетом направления хозяйственного использования земель возможно создание следующих основных видов рельефа их поверхности:

- ◆ плоская (платообразная) поверхность с небольшими уклонами (от 2 до 5°) для стоков избыточной воды — при сплошной грубой и чистовой планировке;

- ◆ волнообразная поверхность, сглаженная или с горизонтальными площадками с перепадами отметок рельефа отвала и чередованием участков с одинаковыми отметками — при частичной планировке, когда срезаются вершины гребней и выполаживаются их откосы;

- ◆ террасированная поверхность с чередованием террас одинаковой высоты и ширины — при выполаживании откосов одноярусных отвалов большой высоты и многоярусных отвалов, а также бортов карьеров.

Способ отсыпки определяет объем планировочных работ. При планировке плоских (платообразных) отвалов, в том числе гидротоотвалов, хвосто-

и шламохранилищ, объем работ незначителен и составляет 0,01—0,05 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>. Во всех других случаях объем планировочных работ существенно выше. Выбор форм рельефа рекультивируемых земельных участков определяется прежде всего необходимостью создания оптимальных условий для их последующего эффективного использования.

При рекультивации земель в засушливых районах испытан новый метод, заключающийся в сохранении холмистой поверхности отвалов, что способствует сбору дождевых вод. Незначительную верхнюю часть гребней срезают, а почвенный слой размещают в понижениях между ними. Дождевые воды стекают по откосам гребней, увеличивая таким образом увлажнение почвы. Для предотвращения водной и ветровой эрозии поверхность гребней обрабатывают вяжущими материалами.

Практически не требуют никакой рекультивации выемки, предназначенные для размещения в них пустых пород соседних рудником (разрезов, шахт), а также свалок мусора. Лишь после засыпки эти выемки рекультивируют.

Восстановлению нарушенных земель должны предшествовать работы по геолого-почвенному обследованию нарушаемой и восстанавливаемой территории и обоснованию направления рекультивации.

В соответствии с нормативными документами геологические организации обязаны обеспечить при проведении детальных разведочных работ на месторождениях полезных ископаемых, разработка которых связана с нарушением земной поверхности, исследование физико-механических и химических свойств вскрышных и вмещающих пород и передачу соответствующих данных заинтересованным проектным организациям для составления проектов разработки месторождений с учетом требований рекультивации земель. На основе этих данных оценивается пригодность пород для биологической рекультивации, что позволяет принять решение по

формированию отвальных массивов, составу и объемам рекультивационных работ в соответствии с установленным направлением рекультивации или же установить направление рекультивации и последующее использование восстанавливаемых земель в народном хозяйстве в соответствии с группой пригодности пород рекультивационного слоя.

В практике последних лет имеются примеры разнообразного использования карьерных выемок: в качестве водохранилищ и зон отдыха с водоемами и спортивными сооружениями, для лесопосадок, сооружения промышленных объектов, регулирования режима грунтовых вод, слива жидких отходов производства. Загрязненные воды, просачиваясь сквозь грунты, или специально устраиваемые экраны, освобождаются от загрязняющих веществ и чистыми поступают в гидрографическую сеть или в море [11].

При определении направления рекультивации принято учитывать следующие факторы:

- ◆ физический — проводятся исследования физико-механических свойств, минерального и химического состава пород, слагающих отвалы, оценивается наличие токсичных и питательных веществ (содержание калия, фосфора, азота), проводятся биологические исследования;

- ◆ экономический — оцениваются затраты на выполнение рекультивационных работ различных направлений и эффективность от их использования;

- ◆ социальный — оцениваются расположение и близость населенных пунктов, рабочая сила, необходимая для выполнения рекультивационных работ, занятость населения, влияние нарушения и восстановления земель на занятость населения, влияние того или иного направления рекультивации на состояние окружающей среды;

♦ эстетический — оценивается соответствие рекультивируемых земель ландшафту окружающей местности.

Сроки горнотехнической рекультивации определяются условиями работы горного предприятия, и обычно выполняются сразу после окончания основных работ, но **не позже одного месяца** после завершения деятельности производства. При этом завершение основных работ по горнотехнической рекультивации должны быть завершены **в течение года** после их начала.

Затраты на рекультивацию изменяются в широких пределах в зависимости от состояния нарушенности земель и направления их последующего использования. Так, например, в США удельные затраты на планировку поверхности отвалов колеблются от 123 до 1000 дол/га. Стоимость нанесения 15—30-сантиметрового слоя почвы, ранее снятой и заскладированной в буртах карьеров, составляет 970—1450 дол/га, затраты на выполнение биологического этапа рекультивации, включающего высев трав, посадку кустарников или деревьев, — 80—320 дол/га. Например, общая стоимость рекультивации в штате Нью-Мексико в среднем составляет 2000 дол/га. По мнению американских специалистов, наиболее трудоемкой и дорогостоящей из всех операций является планировка отвалов. По данным горного бюро США, рекультивация земель на разрезах США приводит к удорожанию себестоимости 1 т угля на 10—30 %. По этой причине некоторые компании вынуждены сократить объем добычи полезных ископаемых.

Выбор направления **биологической рекультивации** и его целесообразность определяются почвенно-климатическими условиями районов ведения горных работ, интенсивностью развития в них сельского хозяйства и промышленности.

В соответствии с ГОСТом «Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель» пригодность пород для

биологической рекультивации оценивается по восьми показателям, характеризующим содержание питательных веществ, реакцию среды, содержание токсичных веществ, водно-физические свойства. На основе оценки характера динамики природных процессов, эволюции техногенных ландшафтных комплексов, выявления неблагоприятных экологических факторов и причин их возникновения возможно внести соответствующие коррективы в решение по формированию техногенных ландшафтов и технологии выполнения рекультивационных работ при освоении очередного участка месторождения.

Наиболее распространенным направлением биологической рекультивации является подготовка земель для возделывания сельскохозяйственных культур и пастбищных угодий, овощных и плодово-ягодных культур; лесонасаждений, в том числе парковых и защитно-декоративных [10].

В начальный период биологической рекультивации возвращенные в сельскохозяйственный оборот земли приходится восстанавливать повторно (ремонтировать): неравномерная усадка влечет за собой образование впадин, порой значительных размеров. В этот период не следует высевать многолетние травы или высаживать растения, так как они неизбежно будут уничтожены в процессе ремонтных работ.

Важной практической целью горнотехнической и биологической рекультивации является сокращение разрыва между началом отчуждения земель и их последующим использованием в преобразованном виде.

Продолжительность периода биологической рекультивации обычно составляет 15—30 лет.

Процесс биологической рекультивации заканчивается только в том случае, если содержание гумуса в новой почве будет соответствовать условиям нормального произрастания высаженных растений.

При постановке задач рекультивации нарушенных земель необходимо, прежде всего, учитывать факторы, определяющие возможность восстановления земель: рельеф местности, литологию, гидрологический и водный режимы, климатические условия.

Проект рекультивации земель, нарушенных горным производством, должен разрабатываться в строгом соответствии с представленными техническими условиями.

Выделяются следующие направления рекультивации:

- ◆ сельскохозяйственное — с целью создания на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий;

- ◆ лесохозяйственное — с целью создания лесных насаждений различного типа;

- ◆ рыбохозяйственное — с целью создания в понижениях техногенного рельефа рыбоводческих водоемов;

- ◆ водохозяйственное — с целью создания в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения;

- ◆ рекреационное — с целью создания на нарушенных землях объектов отдыха;

- ◆ санитарно-гигиеническое — с целью биологической или технической консервации нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически неэффективна или нецелесообразна в связи с относительной кратковременностью существования и последующей утилизацией этих объектов (техногенных образований);

- ◆ строительное — с целью приведения нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства.

Выбор направления рекультивации земель осуществляется с учетом следующих факторов:

- ◆ природных условий района (климат, почвы, геологические, гидро-геологические и гидрологические условия, растительность, рельеф, определяющие геосистемы или ландшафтные комплексы);
- ◆ агрохимических и агрофизических свойств пород и их смесей в отвалах, гидроотвалах, хвостохранилищах;
- ◆ хозяйственных, социально-экономических и санитарно-гигиенических условий в районе размещения нарушенных земель;
- ◆ срока существования рекультивированных земель и возможности их повторных нарушений;
- ◆ технологии производства комплекса горных и рекультивационных работ;
- ◆ требований по охране окружающей среды;
- ◆ планов перспективного развития территории района горных разработок;
- ◆ состояния ранее нарушенных земель, т.е. состояния техногенных ландшафтов карьерно-отвального типа, степени и интенсивности их самозарастания.

В связи с необходимостью восполнения сельскохозяйственных угодий, особенно в густонаселенных районах, где производство сельскохозяйственной продукции имеет большое народнохозяйственное значение, предпочтение при прочих равных условиях отдается сельскохозяйственному направлению рекультивации нарушенных земель.

Лесохозяйственная рекультивация выполняется в тех случаях, где сельскохозяйственная рекультивация в силу природных или хозяйственных факторов нецелесообразна, где требуется воспроизводство лесов как из хозяйственных потребностей, так и по необходимости улучшения состояния окружающей среды, создания рекреационных зон в промышленных районах или защиты земель от эрозии.

Карьерные выемки, глубокие прогибы и провалы, засыпка которых технически невыполнима и экономически неоправдана, могут быть использованы под водоемы различного назначения, для создания рекреационных зон, а также размещения различных промышленных и гражданских объектов.

Санитарно-гигиеническая рекультивация биологическими или техническими методами выполняется при необходимости консервации нарушенных земель (техногенных образований — отвалов пустых порода отходов обогащения и переработки, временных складов минерального сырья и пр.), оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, в следующих случаях;

- ◆ если приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве, экономически неэффективно;

- ◆ если направление использования этих земель в народном хозяйстве временно не установлено;

- ◆ если породы, из которых сложены эти техногенные образования, подлежат переработке или использованию в качестве вторичного ресурса;

- ◆ если эти техногенные объекты подлежат переформированию или перемещению.

Целесообразность использования нарушенных земель для промышленного и гражданского строительства устанавливается на основе региональных схем землеустройства и рекультивации земель, генеральных планов застройки территорий, результатов инженерно-геологических изысканий на территории нарушенных земель и соответствующих технико-экономических расчетов.

Таким образом, как отмечает В. А. Овчинников, рекультивация является многоцелевым мероприятием с природоохранной, природовосстанови-

тельной, хозяйственно-восстановительной и территориально-планировочной функциями.

Необходимо иметь в виду, что рекультивация нарушенных земель направлена не только на их возврат в сельскохозяйственный или лесной фонд, на предотвращение оползней или эрозии, но и на создание экологически сбалансированной системы, представляющей экономическую и эстетическую ценность.

Как уже отмечалось, сама по себе, с точки зрения обычной бухгалтерии, рекультивация часто бывает нерентабельной, так как окупается через многие годы. Но надо всегда помнить, что, добывая полезное ископаемое из недр, человек нарушает землю, на которой живет сам, на которой будут жить его потомки. Поэтому к вопросам рекультивации совершенно неприменимы обычные понятия о рентабельности и окупаемости затрат. Землю надо оценивать не в денежных знаках, а в общественной ее ценности и полезности в будущем.

**Рациональное и комплексное использование недр.** Обеспечению сохранности природных ландшафтов и снижению техногенной нагрузки способствует рациональное использование недр.

Под *рациональным использованием недр* понимают систему мероприятий научного, производственно-технического и организационного характера, обеспечивающих *полное и комплексное* использование ресурсов недр для удовлетворения материальных и духовных потребностей общества.

Рациональное использование недр — комплексная проблема, и ее решают в следующих направлениях: геологическом, горнотехническом, технологическом, экономическом и организационном.

Законом РФ «О недрах» предъявляются следующие требования в *геологическом направлении* (статья 23):

- ◆ обеспечение полноты геологического изучения недр;
- ◆ проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- ◆ проведение государственной экспертизы и государственного учета запасов полезных ископаемых, а также участков недр, используемых в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Для выполнения этих требований необходимо проводить совершенствование методов разведки и подсчета запасов полезных ископаемых (в первую очередь, в действующих горнопромышленных регионах), изучение вещественного состава полезных ископаемых и вмещающих пород, геолого-технологическое картирование, разработку научно обоснованных методов прогноза инженерно-геологических и гидрогеологических условий эксплуатации месторождений.

Требования Закона РФ «О недрах» в рамках горнотехнического направления включают (статья 23):

- ◆ обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;
- ◆ достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых.

Для выполнения этих требований необходимо проведение работ с созданием новой и совершенствованием существующей техники и технологии разработки месторождений, обеспечивающих повышение полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр.

Законом РФ «О недрах» предъявляются следующие требования в технологическом направлении (статья 23):

- ◆ строгое соблюдение технологических схем переработки минерального сырья, обеспечивающих рациональное, комплексное извлечение содержащихся в нем полезных компонентов: учет и контроль распределения полезных компонентов на различных стадиях переработки и степени их извлечения из минерального сырья;

- ◆ дальнейшее изучение технологических свойств и состава минерального сырья, проведение опытных технологических испытаний с целью совершенствования технологий переработки минерального сырья;

- ◆ наиболее полное использование продуктов и отходов переработки; складирование, учет и сохранение временно не используемых продуктов и отходов производства, содержащих полезные компоненты.

Для выполнения этих требований необходимо, в первую очередь, создавать новые и совершенствовать существующие технологические процессы переработки минерального сырья, позволяющие наиболее эффективно извлекать все содержащиеся в нем полезные компоненты, вовлекать в переработку бедные и забалансовые руды, утилизировать вмещающие породы и отходы производства.

Законом РФ «О недрах» установлены следующие требования в *экономическом направлении* (статья 23):

- ◆ для определения промышленной ценности месторождения полезных ископаемых, наиболее эффективных и безопасных способов их отработки при геологическом изучении недр и при постановке запасов на государственный баланс осуществляется геолого-экономическая и стоимостная оценки запасов месторождения. В этой же статье указаны, что методики оценки по видам полезных ископаемых утверждаются федеральным органом управления государственным фондом недр. В настоящее время таких

методик еще не существует, и оценка минеральных ресурсов производится на основе стандарта СТО РОО 23.01.96. «Оценка минерального сырья, разработанного Российским обществом оценщиков». Этот стандарт хотя и был использован компанией «Юником» при оценке стоимости и определения начальной цены продажи акций «Красноярская угольная компания», но имеет очень много недостатков, и поэтому его применение для оценки стоимости месторождений полезных ископаемых представляется нецелесообразным.

В дополнение к этим требованиям необходимо разработать экономический механизм управления (т.е. систему мероприятий по планированию и стимулированию) полным и комплексным использованием ресурсов недр в условиях рыночной экономики.

Хотя в Законе РФ «О недрах» не содержится непосредственных требований в рамках *организационного направления* работ по рациональному использованию недр, эти работы тем не менее необходимо выполнять в первую очередь для того, чтобы обеспечить успешную реализацию требований Закона в рамках других вышперечисленных направлений.

К числу таких работ следует отнести создание законодательной и налоговой базы, стимулирующей:

- ◆ увеличение объемов геолого-разведочных работ в освоенных промышленных регионах, т.к. продление срока деятельности предприятий имеет большое социальное и экономическое значение. Поэтому темпы прироста запасов по горно-промышленным регионам должны быть существенно выше темпов освоения новых минерально-сырьевых баз;

- ◆ пересмотр действующих и экономическое обоснование новых потребительских стандартов на минеральное сырье.

Необходимо указать, что для инвестора, а в особенности для зарубежного инвестора, неприемлемы, в первую очередь, те правовые нормы

российского законодательства, которые закрепляют право государства на вмешательство в хозяйственную деятельность горного предприятия (исключения составляют лишь вопросы экологии, техники безопасности и охраны труда). Собственник горного предприятия, получивший лицензию на право пользования недрами и вложивший значительные средства в это предприятие, обоснованно считает, что только он должен определять: где, когда и сколько добывать полезного ископаемого на принадлежащем ему предприятии. При этом он будет в первую очередь руководствоваться рыночной конъюнктурой при готовности соблюдать разумные (с его точки зрения) условия лицензии.

Таким образом, возникает вопрос о том, должно ли государство в современных условиях реализовывать требование рационального использования минеральных ресурсов и каким образом оно должно это делать?

#### **Вопросы для самоконтроля знаний:**

- 1. Перечислите основные мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия геологоразведочных работ на литосферу.*
- 2. Перечислите основные мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия геологоразведочных работ на атмосферу.*
- 3. Перечислите основные мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия геологоразведочных работ на гидросферу.*
- 4. Какова схема очистки шахтных вод?*
- 5. Что такое обратное водоснабжение, и каким образом оно может быть осуществлено?*

- 6. Что такое гидронаблюдательные скважины и для чего они могут быть использованы?*
- 7. Что такое рекультивация нарушенных земель?*
- 8. Какие существуют виды рекультивационных работ?*
- 9. Каковы сроки проведения горнотехнической и биологической рекультивации?*
- 10. В чем суть рационального использования недр?*
- 11. Каковы основные направления рационального природопользования?*

**Проектные задания:**

- 1. Составить схему комплексной очистки шахтных вод.**
- 2. Разработать предложения по рациональному использованию шахтных породных отвалов.**

Литература: [5], с. 42 – 47; [6], с. 12 – 36; [3], с. 58 –127.; [4], с. 132-154; [17], 133 – 135.

### 3 НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Данный блок объединяет перечень нормативных документов, касающихся обеспечения охраны окружающей среды при проведении геолого-разведочных работ. В нем показано, как можно произвести экономическую оценку природного ресурса, каковы требования Закона РФ к охране недр, и в чем состоит процедура лицензирования геологоразведочной деятельности.

Анализ законодательных актов, регулирующих недропользование в развитых индустриальных странах, показывает, что ни в одном из них не упоминаются такие понятия, как «рациональное использование минеральных ресурсов», «нормативные и сверхнормативные потери полезного ископаемого при добыче и переработке», «полное и комплексное использование запасов минерального сырья» и др. Однако механический перенос зарубежного опыта правового регулирования недропользования в российское законодательство вряд ли оправдан и прежде всего потому, что в разных странах недропользование регулируется по-разному.

Правовые нормы современного российского законодательства о недрах содержат многочисленные и в основном декларативные требования по рациональному использованию минеральных ресурсов (ст. 23 Закона РФ «О недрах»), выполнение которых трудно проконтролировать (например, «обеспечение наиболее полного (?) извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов»). Санкции за невыполнение этих требований изложены в законе таким образом: «право пользования недрами может быть ограничено, приостановлено или прекращено специально на то уполномоченными государственными органами в соответствии с законодательством». Возникает за-

кономерный вопрос: кто должен решать, когда это право следует ограничить, когда приостановить, а когда прекратить, и где содержатся правовые основания для этих решений. К тому же, учитывая особенности российского судопроизводства, разбирательство с недобросовестным недропользователем может длиться еще многие годы после прекращения эксплуатации месторождения.

Поэтому в современных условиях вместо требования рационального использования минеральных ресурсов при пользовании недрами должно, по нашему мнению, осуществляться требование получения от недропользователя компенсации за упущенную государством выгоду в случае нарушения недропользователем условий лицензии. При этом государство должно обладать эффективно действующим правовым механизмом, обеспечивающим реализацию данного требования, и иметь правовые возможности поощрить недропользователей, осваивающих месторождения с бедным содержанием полезных компонентов или расположенных в сложных горно-геологических и территориальных условиях и способствующих тем самым более полному использованию минерально-сырьевой базы страны.

Впервые понятие *охраны недр* было дано в Горном положении Союза ССР, утвержденном в 1921 г.

Горное положение Союза ССР (ст. 128) определяло охрану недр как наблюдение за надлежащим применением горнопромышленниками:

а) технических методов и способов горных работ в соответствии с геологическим строением месторождений, их особенностями и характером залегания пород и ископаемых (геологический контроль);

б) правил, касающихся технической правильности и технической целесообразности горных работ, в целях достижения наиболее полного использования месторождений полезных ископаемых (технический контроль);

в) правил, касающихся съемки подземных и наземных горных выработок, составления маркшейдерских планов, проверки этих планов путем контрольной съемки выработок, а также производства триангуляционных работ (маркшейдерское дело и маркшейдерский контроль).

Изданное в период, когда в разведке и промышленной разработке месторождений полезных ископаемых участвовали частные лица, Горное положение Союза ССР охраняло недра в первую очередь от возможных злоупотреблений этим правом со стороны частных лиц. На современном этапе пользования недрами под охраной недр понимают систему производственно-технических, экономических и административно-правовых мероприятий, обеспечивающих *соблюдение установленного порядка пользования недрами* при их геологическом изучении, добыче полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений, захоронении промышленных стоков и отходов производства и удовлетворении иных государственных и общественных потребностей. Такая трактовка этого понятия непосредственно вытекает из Закона РФ «О недрах», который был принят в феврале 1992 г., а в 1995 и в 2000гг. в него был внесен ряд дополнений и изменений. Закон состоит из 7 разделов и 52 статей.

Основные требования по охране недр, сформулированные в статье 27 Закона РФ «О недрах», включают:

- ♦ охрану месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений или осложняющих их разработку;

- ♦ предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с использованием недрами, особенно при подземном хранении нефти, газа или иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сброса сточных вод;

◆ соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;

◆ предупреждение самовольной застройки земельных участков, залегающих на месторождении полезных ископаемых, и соблюдение установленного порядка использования этих площадей в иных целях;

◆ предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод, используемых для питьевого или промышленного водоснабжения.

Законом предусмотрено ограничение, приостановление или прекращение права пользования недрами в случае нарушения требований по охране недр, приведенных в ст. 23.

В ст. 25 и 25.1 Закона РФ «О недрах» установлены правовые нормы, регулирующие условия застройки площадей залегания полезных ископаемых и условия землепользования площадей залегания полезных ископаемых:

1. Проектирование и строительство населенных пунктов, промышленных комплексов и других хозяйственных объектов разрешается только после получения заключения федерального органа управления государственным фондом недр или его территориального подразделения о том, что в недрах под участком предстоящей застройки отсутствуют полезные ископаемые.

2. Застройка площадей залегания полезных ископаемых, а также размещение в местах их залегания подземных сооружений (в том числе не связанных с добычей полезных ископаемых) допускаются с разрешения федерального органа управления государственным фондом недр или его территориальных подразделений и органов государственного горного надзора только при условии обеспечения возможности извлечения полез-

ных ископаемых или доказанности экономической целесообразности застройки. Самовольная застройка площадей залегания полезных ископаемых прекращается без возмещения застройщику производственных затрат по рекультивации земель и демонтажу возведенных объектов.

3. Отчуждение (постоянное или временное) земельных участков, необходимых для проведения геологического изучения и использования в интересах государства, может производиться при выполнении следующих условий:

- ◆ наличию решения федеральных органов исполнительной власти или органов исполнительной власти субъектов РФ (в соответствии с разделением их полномочий) об отчуждении данных участков;

- ◆ возмещении собственникам указанных участков их стоимости в соответствии с земельным законодательством.

Статья 23.1 Закона РФ «О недрах» (с изменениями от 10 февраля 1999г. и 2 января 2000 г.) устанавливает, что государственное регулирование отношений недропользования и решение задач развития минерально-сырьевой базы осуществляются с использованием геолого-экономической и стоимостной оценок месторождений полезных ископаемых и участков недр. Методики геолого-экономической и стоимостной оценок месторождений полезных ископаемых и участков недр по видам полезных ископаемых утверждаются федеральным органом управления государственным фондом недр.

Экономическая оценка природного ресурса (ЭОэкон) может быть определена как разность между эксплуатационной оценкой ЭОэспл и средоущербной оценкой ЭОсу.

$$\text{ЭОэкон} = \text{ЭОэспл} - \text{ЭОсу}. \quad (1)$$

Под эксплуатационной оценкой природного ресурса понимают денежное выражение максимально возможного экономического эффекта, получаемого в результате оптимального режима эксплуатации данного ресурса. Эксплуатационную оценку ресурса рассчитывают, как разность между рыночной ценой на продукцию, получаемую при его эксплуатации, и затратами на ее получение.

Под средоущербной оценкой природного ресурса следует понимать денежную оценку величины ущерба, который наносится окружающей среде при эксплуатации данного вида природного ресурса.

Для выполнения экономической оценки природных ресурсов необходимо выполнять следующие требования:

- оценка всех видов природных ресурсов должна проводиться на единой методологической основе;
- при оценке необходимо учитывать фактор времени, то есть то обстоятельство, что эффект от освоения при родных ресурсов реализуется в течение не одного года, а значительного промежутка времени.

16 ноября 1995 г. Президентом РФ был подписан Водный кодекс Российской Федерации. Кодекс состоит из трех частей: общей, особенной и заключительной. Общая часть включает 5 разделов, объединяющих 132 статьи.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации 3 апреля 1997 г. приняло Постановление № 383 «Об утверждении Правил предоставления в пользование водных объектов, находящихся в государственной собственности, установления и пересмотра лимитов водопользования, выдачи лицензии на водопользование и распорядительной лицензии», а 16 июня 1997 г. — Постановление № 716 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного контроля за использованием и охраной водных объектов».

В 1963 г. Всемирной организацией по вопросам здравоохранения при ООН рекомендовано определять чистоту воздуха на основе критериев, соответствующих следующим уровням:

I — прямое или косвенное воздействие загрязнения на человека, животных и растительность обнаружить невозможно;

II — в результате загрязнения воздуха наблюдается раздражение органов чувств человека, вредное воздействие на растительность, уменьшение прозрачности воздуха;

III — вследствие загрязнения воздуха нарушаются жизненно важные физиологические функции и возникают хронические заболевания у человека и животных;

IV — в результате загрязнения воздуха у человека и животных возникают острые заболевания, приводящие к их гибели.

В определенной мере эти рекомендации нашли отражение в Федеральном кодексе «Об охране атмосферного воздуха», подписанном Президентом РФ 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ.

Этот Закон состоит из 10 глав и включает 34 статьи.

Как отмечено в преамбуле Закона, «атмосферный воздух является важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. Закон устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии».

10 января 2002 г. Президент РФ подписал Федеральный закон «Об охране окружающей среды». Четвертая глава этого закона посвящена экономическому регулированию в области охраны окружающей среды. К методам экономического регулирования в этой области законом, в частности, отнесены:

- ◆ установление платы за негативное воздействие на окружающую среду;
- ◆ установление лимитов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов, лимитов на размещение отходов производства и потребления и другие виды воздействия на окружающую среду;
- ◆ проведение экономической оценки природных объектов и природно-антропогенных объектов;
- ◆ проведение экономической оценки воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;
- ◆ предоставление налоговых и иных льгот при внедрении наилучших существующих технологий, нетрадиционных видов энергии, использовании вторичных ресурсов и переработке отходов, а также при осуществлении иных эффективных мер по охране окружающей среды;
- ◆ поддержка предпринимательской, инновационной и иной деятельности (в том числе экологического страхования), направленной на охрану окружающей среды;
- ◆ возмещение в установленном порядке вреда окружающей среде.

Основой правового регулирования взаимодействия общества с природным ландшафтом является земельное законодательство. Необходимо отметить, что современное толкование понятия «земля» объединяет как экологическую, так и экономическую функцию этого природного объекта. Термин «земля» определяется как важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующаяся пространством, рельефом, почвенным покровом, растительностью, недрами, водами и являющаяся главным средством производства в сельском хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения всех отраслей народного хозяйства.

Основными законодательными актами, регулирующими использование и охрану земельных ресурсов в Российской Федерации, являются Зе-

мельный кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «О плате за землю».

Новый Земельный кодекс Российской Федерации был принят Государственной Думой 20 сентября 2001 г., подписан Президентом РФ 25 октября 2001 г. (№ 136-ФЗ) и включает 18 глав, посвященных правовому регулированию различных аспектов земельных отношений.

Федеральный закон «О плате за землю» был подписан Президентом РФ еще 11 октября 1991 г. Позднее в него вносился ряд изменений и дополнений. В окончательной редакции Закон «О плате за землю» включает 7 разделов.

В Законе указано, что использование земли в Российской Федерации является платным. Формами платы являются: земельный налог, арендная плата, нормативная цена земли. Собственники земли, землевладельцы и землепользователи, кроме арендаторов, облагаются ежегодным земельным налогом. За земли, переданные в аренду, взимается арендная плата. Для покупки и выкупа земельных участков в случаях, предусмотренных законодательством, а также для получения под залог земли банковского кредита устанавливается нормативная цена земли.

Создание рыночных отношений в экологической сфере предполагает, в частности, создание рынка для единиц загрязнения, разрешая странам или отдельным фирмам покупать или продавать права на загрязнение окружающей среды.

Ярким примером рыночного подхода (на уровне отдельных стран) к загрязнению окружающей среды является ситуация с исполнением Киотского протокола.

Как известно, конференция в Киото (Япония), состоявшаяся в 1997 г., — это прямое продолжение Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (Бразилия), на которой мировое сообщество в

1992 г. приняло Конвенцию об изменении климата. Цель конвенции — «добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему». Стороны договорились к 2000 г. стабилизировать эмиссию этих газов на уровне 1990 г., когда антропогенный выброс углерода составлял более 6 Г/т в год (в том числе, на диоксид углерода приходилось более 60 %, метан — около 23 % выбросов). Основными «загрязнителями» были США (22%) и СССР (19%).

Конвенция Рио-де-Жанейро вступила в силу в марте 1994 г., но уже в 1995 г. на первой конференции в Берлине страны-участницы отметили, что записанные в ней обязательства по ограничению выброса парниковых газов недостаточны. Поэтому они приняли решение пересмотреть их и подготовить проект протокола, который был подписан в Киото.

Выбросы парниковых газов в России составляют сейчас около 9 % от мировой эмиссии. Это почти на 20 % меньше, чем в 1990 г., в то же время на долю США приходится сейчас 20 % эмиссии парниковых газов и почти 25 % выбросов углекислого газа.

Одним из механизмов выполнения обязательств по сокращению эмиссии парниковых газов может стать предложенная США международная система торговли квотами. Те предприятия и компании, которые не имеют технологической возможности уменьшить выбросы, могли бы покупать своего рода разрешения или лицензии у стран, «перевыполнивших свои обязательства». Речь идет о создании принципиально нового сегмента мирового рынка квот на выбросы парниковых газов (КВПГ), на котором Россия может оказаться абсолютным лидером.

По прогнозам специалистов, цена за условную тонну эмиссии парниковых газов будет находиться в пределах 10—50 дол., а спрос может достичь 10—15 млрд. дол. Причем Россия, фактически уже выполнившая ки-

отские обязательства, в перспективе становится главным поставщиком квот, а США — главным покупателем (60—80 % всего объема рынка, остальное — Япония, Канада, Австралия, Европа).

Внутри отдельной страны создание рыночных отношений в экологической сфере может основываться на «принципе пузыря». Этот принцип трактует все выбросы (для отдельного региона или заводов одной фирмы) как единую регулируемую систему внутри замкнутого пространства («пузыря»). Иными словами, объем выбросов устанавливается в целом для региона, а предприятия-загрязнители договариваются между собой о том, как они наиболее выгодным для себя способом обеспечат выполнение этого объема. Например, мелкие предприятия-загрязнители, не имеющие в силу объективных причин возможности существенно снизить объемы собственных выбросов, финансируют установку дополнительного очистного оборудования на крупном предприятии с тем, чтобы совместными усилиями обеспечить требуемый объем загрязнения в регионе. На этом пути может быть достигнуто существенное улучшение экологической обстановки при оптимальном расходовании средств.

Механизм реализации «принципа пузыря» предполагает, что разрешения на выбросы распределяются между отдельными предприятиями-загрязнителями. От предприятия требуется выполнение установленных лимитов либо через инвестиции в очистные технологии, либо приобретая разрешения у тех предприятий, которые смогли существенно снизить объемы своих выбросов после первоначального распределения разрешений. В данной ситуации появляются стимулы следующего рода:

- ◆ для предприятий, выставяющих на продажу свои права на загрязнение, становится выгодным использовать инвестиции в природоохранные мероприятия;
- ◆ для предприятий, у которых затраты на достижение заданных ли-

митов загрязнения весьма велики, покупка права на выбросы позволяет существенно снизить издержки производства.

Однако следует отметить, что в настоящее время внутри России рыночный подход к решению экологических проблем находится еще в стадии формирования и требует весьма тщательной и детальной проработки.

### **Вопросы для самоконтроля знаний:**

- 1. Что такое недра?*
- 2. В каких Законах и законодательных актах РФ отражены вопросы экологической безопасности окружающей среды?*
- 3. На что направлен Закон РФ «О недрах»?*
- 4. В чем состоит государственное регулирование отношений недропользования?*
- 5. Какова ответственность руководителей горных предприятий и частных лиц за нарушение экологической безопасности при ведении геологоразведочных работ?*
- 6. Что такое экономическая оценка природного ресурса и как она может быть определена?*
- 7. Что такое Водный кодекс РФ, каковы основные его положения?*
- 8. Что определяет Федеральный закон «Об охране окружающей среды»?*
- 9. Перечислите основные положения международного права в отношении охраны окружающей среды.*
- 10. Каковы основные положения Киотского соглашения?*

### **Проектное задание:**

- 1. На основе действующего законодательства составить акт обследования экологического состояния действующего горнодо-**

**бывающего предприятия с выдачей конкретных рекомендаций  
и предписаний.**

Литература: [6], с. 48 – 54; [3], с. 134 – 178; [4], с. 368 –387.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основные источники:

1. Говард, А. Д. Геология и охрана окружающей среды: Пер. с англ. / А. Д. Говард, И. Ремсон : Под ред. Ю.К.Буркова. – Л.: Недра, 1982. – 583 с.
2. Коротаяев, Г. В. Основные направления и организация научно-исследовательских работ по рекультивации земель / Г. В. Коротаяев, З. Н. Михайлова // В кн.: Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными разработками. - Орджоникидзе, 1974. - С. 14-18.
3. Мосинец, В. Н. Горные работы и окружающая среда / В. Н. Мосинец, М. В. Грязнов. – М.: Недра, 1978. – 192 с.
4. Певзнер, М. Е. Горная экология: учеб. пособ. для вузов / М. Е. Певзнер. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 395 с.: ил.
5. Сердюков, И. А. Рациональное использование земель, нарушенных горными работами / И. А. Сердюков, А. В. Горохов. В кн.: Экономика угольной промышленности : вып. 3. – М., 1975. - С. 11-12.
6. Труфанов, А. В. Геоэкологические проблемы разведки и разработки месторождений полезных ископаемых : метод. пособие, ч. 1 / А. В. Труфанов, Ю. А. Ревинский. – Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2008. – 50 с.
7. Труфанов, А. В., Ревинский, Ю. А. Мероприятия по решению геоэкологических проблем при разведке и переработке месторождений полезных ископаемых : метод. пособие, ч. 2 / А. В. Труфанов, Ю. А. Ревинский. – Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2008. – 68 с.

### Дополнительные источники:

8. Ананичев, К. В. Проблемы окружающей среды, энергии

и природных ресурсов. Международный аспект / К. В. Ананичев. – М.: ВИНТИ-МГУ, 1974. – 164 с.

9. Альтшулер, И. И. Региональные особенности загрязнения атмосферы земли / И. И. Альтшулер, И. И., Ю. Г. Ермаков. – В кн.: Принципы и методика природного районирования на математико-статистической основе. – М., 1974. – С. 37-42.

10. Бринк, Г. И. Использование и производственно-экономическая оценка побочных продуктов горной промышленности и их значение для охраны окружающей среды / Г. И. Бринк. // Матер. IX Международного горного конгресса. – Дюссельдорф, 1976. – С. VI-9.

11. Виноградов, В. С. Охрана недр и улучшение условий труда в горнорудной промышленности черной металлургии / В. С. Виноградов // Безопасность труда в промышленности. – 1976. – № 2. – С. 7-9.

12. Гертнер, Э. Горное дело и окружающая среда / Э. Гертнер // Труды VII Международного горного конгресса. – Бухарест, 1972. – С. 3-4.

13. Дубовик, Ф. Н. Рекультивация земель предприятиями угольной промышленности / Ф. Н. Дубовик. // В кн.: Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными разработками. – Орджоникидзе, 1974. – С. 83-84.

14. Дуглас, У. О. Трехсотлетняя война. Хроника экологического бездействия / У. О. Дуглас. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1975. – 240 с.

15. Ионеску, М. Борьба с загрязнением вод и атмосферы в горнодобывающей промышленности Социалистической Республики Румынии / М. Ионеску, Д. Хилар [и др.] // В кн.: Труды VII Международного горного конгресса. – Бухарест, 1972. – С. VI-6.

16. Клопко, Г. К. Озеленение санитарно-защитных зон предприятий черной металлургии / Г. К. Клопко // Строительство и архитектура. – Киев. – 1976. – № 6. – С. 30-31.

17. Коллинс, Х. Е. Восстановление поверхности полей после окончания разработки месторождений / Х. Е. Коллинс // Труды VII Международного горного конгресса. – Бухарест, 1972. - С. VI-II.
18. Муррей, Л. Восстановление земель — задача, стоящая перед открытыми горными разработками Канады / Л. Муррей, Г. Захари, Б. Хор // Труды VIII Международного горного конгресса. – Лима, 1974. - С. V-5.
19. Савич, А. И. Рекультивация земель, нарушенных в процессе открытой добычи полезных ископаемых / А. И. Савич // В кн.: Основные проблемы охраны почв. – М.: МГУ, 1975. - С. 133-135.
20. Старых, М. К. Опыт рекультивации земель, отработанных открытым способом / М. К. Старых, Н. Т. Клименко // Строительные материалы. – М. – 1975. – № 5. – С. 14-15.
21. Успенский, М. С. Об изучении влияния техногенных процессов на деформации земной поверхности и стабильность геодезических пунктов / М. С. Успенский // Геодезия и картография. – М. – № 4 – 1975. – С. 58-65.
22. Эскин, В. С. Рекультивация земель, нарушенных горными разработками / В. С. Эскин. – М.: Недра, 1975. – 156 с.
23. Garrets, R. M., MacKenzie, F. T., Hunt, C. A. Chemical Cycle and the Global Environment – Assessing Human Influences, William Kaufmann, Inc., Los Altos, Calif., 1975.
24. Hem, J. D. Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water. U. S. Geological Survey, Water Supply Paper 1473, 1970.
25. McKee, W. D., ed. Environmental Problems in Medicine. Charles C Thomas, Springfield, Ill., 1974.
26. Odum, E. D. Fundamentals of Ecology. 3d ed., W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1971.

*Учебное издание*

**ТРУФАНОВ Алексей Вячеславич**

**Кандидат геолого-минералогических наук, доцент**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВЕДКИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

*Учебное издание*

**ТРУФАНОВ Алексей Вячеславич**

**Кандидат геолого-минералогических наук, доцент**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВЕДКИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

Подписано в печать 24.12.2017.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 7,91. Уч.-изд. л. 5,35.

Бумага офсетная. Тираж 300 экз. Заказ № 6133.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции  
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ  
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1. Тел. (863) 247-80-51.