

Охрана ОКРУЖАЮЩЕЙ среды

- Окружающая среда:
состояние проблемы
- Правовая
охрана природы
- Рациональное
использование
ресурсов планеты
- Реализация
природоохранных
мероприятий
при разведке
и разработке
месторождений

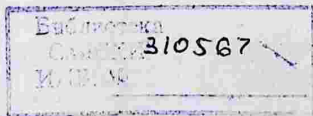
учебник для вузов



Охрана ОКРУЖАЮЩЕЙ среды

Под редакцией засл. деят. науки и техники
РСФСР С. А. Брылова и проф., д-ра наук
К. Штродки

Допущено Министерством
высшего и среднего
специального
образования СССР
в качестве учебника
для студентов
горных и геологических
специальностей
вузов



Москва «Высшая школа» 1985

ББК 20.1
О-92
УДК 502.7

С. А. Брылов, Л. Г. Грабчак, В. И. Комащенко,
К. Штротка, Р. Юнгханс, Р. Штайнметц

Рецензенты:

кафедра подземной разработки месторождений полезных ископаемых
(зав. кафедрой проф., д-р техн. наук *В. А. Щелканов*);
кафедра открытой разработки рудных месторождений полезных
ископаемых (зав. кафедрой канд. техн. наук *В. Г. Близиюков*)
Криворожского ордена Трудового Красного Знамени горнорудного
института;
акад. *М. И. Агошков* (зав. отделом Института проблем комплексного
освоения недр Академии наук СССР).

Охрана окружающей среды: Учеб. для горн. и гео-
О-92 логических спец. вузов/С. А. Брылов, Л. Г. Грабчак,
В. И. Комащенко и др.; Под ред. С. А. Брылова и
К. Штротки. — М.: Высш. шк., 1985. — 272 с., ил.

В пер.: 1 р.

В книге дана краткая характеристика состояния природной среды, ее ресурсов и проблем, возникающих при их использовании. Приведены сведения о правовой охране природы и принципах управления природопользованием. Освещены проблемы энергетики в связи с охраной природы. Рассмотрены вопросы геологоразведочных работ, строительства горных предприятий и разработки месторождений в свете задач охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

О 1603000000-148 61-85
001(01)-85

ББК 20.1
57(069)

© Издательство «Высшая школа», 1985

ПРЕДИСЛОВИЕ

Охрана окружающей природной среды и рациональное использование ее ресурсов в условиях развития научно-технической революции и бурного роста промышленного производства стала одной из актуальнейших проблем современности.

Общественный строй и плановое ведение хозяйства в социалистических странах неизмеримо расширяют по сравнению с капиталистическими странами возможности разумного использования человечеством природных богатств.

Вопросы бережного отношения к природе за последние десятилетия получили глубокое отражение в решениях и постановлениях партийных и государственных органов стран социалистического содружества. Эффективная реализация этих решений возможна на базе соответствующего развития экономики, науки, техники и всестороннего совершенствования знаний о гармоническом взаимодействии человека с окружающей средой.

Курс «Охрана окружающей среды», введенный в учебные планы всех специальностей высших учебных заведений в 1972—1973 гг., представляет собой основу природоохранной подготовки студентов. Для студентов геологоразведочных и горных специальностей этот курс читается по единой учебной программе, утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования.

Предлагаемая книга является первым учебником по охране окружающей среды для этих специальностей. В данном учебнике основное внимание уделяется формированию у студентов природоохранного сознания, передаче им комплекса общих знаний по природопользованию и защите природной среды, природоохранному законодательству, а также правовой ответственности, необходимых в процессе их будущей производственной деятельности в качестве инженеров геологической службы и горнодобывающей промышленности.

Основные разделы курса посвящены: 1) охране воздушной среды; 2) охране водной среды; 3) охране

земной поверхности; 4) охране и рациональному использованию недр. Вводными являются главы «Антропогенный фактор в природе», «Правовые и организационные вопросы охраны окружающей среды», а также «Проблема энергетики в связи с охраной окружающей среды».

Содержание учебника органически связано с другими специальными дисциплинами; косвенные связи прослеживаются с рядом общественных, общенаучных и общетехнических дисциплин учебных планов. Взаимосвязь курсов, заключающаяся не в повторяемости материалов, а в различных аспектах и степени детальности их изучения, обеспечивает непрерывность экологической и природоохранной подготовки будущих специалистов.

Учебник написан коллективом авторов из СССР и ГДР, поэтому, естественно, в нем получила наибольшее освещение практика природоохранения в этих двух государствах.

В подготовке отдельных разделов учебника участвовали канд. техн. наук Д. С. Брылов (главы 2, 6), канд. техн. наук В. В. Сулягин (гл. 5), инж. В. Г. Каналин (гл. 4), доктора наук Х. Бахман (гл. 7), М. Фишер (гл. 5), канд. наук Д. Штурман (гл. 4), инж. Г. Фронерт (гл. 2).

Авторы выражают искреннюю благодарность акад. М. И. Агошкову, докт. техн. наук В. А. Щелканову и канд. техн. наук В. Г. Близинову за полезные замечания и советы, сделанные по содержанию учебника.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Характерной чертой коммунистического общества, как писал К. Маркс, является «законченное сущностное единство человека с природой»^{*}; осознание людьми необходимости этого единства и ответственности за состояние природы достижимо лишь посредством проведения большой непрерывной воспитательной работы. Эта работа основывается на знаниях закономерностей взаимодействия общества с окружающей средой.

Соответствующее образование в области природопользования должны иметь в первую очередь специалисты так называемых природохозяйственных отраслей производства, к которым академик Н. П. Федоренко относит геологоразведку, добывающую промышленность, сельское, лесное и водное хозяйство.

Будущие специалисты природохозяйственных отраслей производства должны кроме необходимых знаний в области природопользования и природоохранения обладать высокой экологической культурой и этикой.

Годы научно-технического прогресса характеризуются не только бурным развитием производительных сил человеческого общества, но и все большим влиянием его на природу. Возможности, масштабы и глубина изменений людьми природной среды за последние десятилетия неизмеримо возросли, а проблема природоохранения приобрела исключительную остроту.

Выделяют следующие основные аспекты охраны окружающей среды: экологический, технико-экономический и социально-политический.

Экологический аспект природоохранения состоит в обеспечении на Земле благоприятных биологических условий жизни человека в настоящем и будущем. Решение комплекса задач этой проблемы сводится к сохранению и улучшению биосвязей животного и растительного мира с окружающей их природой. Рост численности людей, сокращение площадей растительного покрова планеты и ограниченность резервов многих, необходимых для существования человеческого

^{*} Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. — М., Госполитиздат, 1956, с. 590.

мических». Алармизм (от французского слова *alarme* — тревога), впрочем, играет в общественном сознании положительную роль, активизируя народные массы на борьбу за улучшение природной среды и изменение социальных условий.

Социологи в капиталистических странах основывают взаимоотношения человека с природой на «стратегии невмешательства в природу», «стратегии наступления на природу», «стратегии саморегуляции природы и адаптации человека» и «стратегии экологической революции». Названия перечисленных стратегических основ за исключением последней, по-видимому, не требуют дополнительных разъяснений. «Экологическая революция» в понимании авторов этого термина предполагает создание идеалистического «глобального управления природой» надгосударственным органом с пересмотром понятия суверенитета государств (уместно отметить, что в противовес этому в рекомендациях Стокгольмской конференции по проблемам природной среды, одобренных в 1972 г. Генеральной Ассамблеей ООН, подтверждено суверенное право государств на использование своих природных ресурсов).

Современный мир разделен на две социальные системы, поэтому проблема природоохранения не может рассматриваться абстрактно, в отрыве от этих систем и их специфических особенностей.

Марксистская философия проблемы рационального природопользования основывается на историческом оптимизме и политическом реализме. На современном этапе развития человеческого общества эта проблема может решаться только с учетом реально сложившихся социальных условий. Окончательное, оптимальное решение глобальной проблемы природоохранения достижимо только в исторической перспективе, при завершении тенденции «к созданию единого, по общему плану регулируемого пролетариатом всех наций, всемирного хозяйства как целого*».

Однако уже сейчас страны социалистического содружества обладают несравненно большими возможностями регулирования отношений между человеком и природой. Эти взаимоотношения строятся на основе планомерного комплексного подхода. Природоохранные проблемы решаются с помощью целого комплекса разнообразных мероприятий, увязываемых в едином государственном плане. Многие мероприятия по охране природы обходятся дорого, и, несмотря на то что они не дают непосредственного экономического эффекта, социалистическое общество, руководствуясь заботой о создании благоприятной жизненной среды, реализует их. Более того, существенным элементом взаимодействия социалистического общества с окружающей средой является обогащение среды обитания людей, заключающееся в повышении экологического потенциала природных комплексов на базе развития науки и техники.

Плановое рациональное использование, охрана, преумножение и улучшение природных богатств объединяются понятием «оптимизация природной среды».

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 41, с. 164.

Огромнейшее значение в решении задач охраны природы имеет борьба Советского Союза и других социалистических стран за мир, прекращение гонки вооружения и за разоружение.

Соединенными Штатами Америки велась во Вьетнаме «экологическая война» — в результате во многих районах деформированная бомбовыми воронками поверхность с уничтоженной дефолиантами растительностью стала непригодной для хозяйственного использования. Значение борьбы против термоядерной войны, могущей привести к глобальной экологической катастрофе с гибелью человечества, невозможно переоценить. Для создания новых видов оружия и в процессе гонки вооружения уже в конце 70-х годов было израсходовано более 10% важнейших видов дефицитного минерального сырья — хрома, вольфрама, олова, меди и др., а также огромное количество энергоносителей. Для размещения оружия и других военных нужд отчуждаются обширные земельные площади.

По инициативе СССР XXXI сессией Генеральной Ассамблеи ООН была принята конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природу. В 1980 г. на XXXV сессии этого международного форума опять же по инициативе Советского Союза была принята резолюция «Об исторической ответственности государств за сохранение природы Земли для нынешнего и будущих поколений» — документ общечеловеческого значения.

Отметим, что отношение к природной среде в конечном счете является мерой социальных и технических достижений человеческого общества, характеристикой уровня цивилизации.

В социалистических странах рациональное природопользование стало составной неотъемлемой частью государственной политики. В конституциях Советского Союза, Германской Демократической Республики и других социалистических государств имеются разделы, определяющие взаимоотношения человеческого общества с окружающей средой. В решениях съездов КПСС вопросам охраны природы уделяется большое внимание. С 1975 г. в государственных планах развития народного хозяйства СССР устанавливаются плановые задания по рациональному использованию природных ресурсов и реализации природоохранных мероприятий. На базе ряда законодательных актов, постановлений и распоряжений правительственных органов разработана основа правовой охраны природы и система управления природопользованием.

Используя преимущества социалистического строя, Советский Союз последовательно и целенаправленно осуществляет бережное отношение к окружающей среде. Масштабы реализации природоохранных мероприятий непрерывно возрастают. Так за годы десятой пятилетки восстановлено 500 тыс. га нарушенных земель, за два года одиннадцатой пятилетки — более 250 тыс. га. В плане Основных направлений развития народного хозяйства на 1984 г., рассмотренном на декабрьском (1983) Пленуме ЦК КПСС, предусмотрено восстановление уже 155 тыс. га нарушенных земель.

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 гг. и на период до 1990 г., принятых на XXVI съезде КПСС, предусмотрено: «Улучшать охрану природы, усилить работу по сохранности сельскохозяйственных угодий, борьбу с эрозией почв, повысить темпы работы по рекультивации земель, обеспечить их защиту от селей, оползней, обвалов, засоления, заболачивания, подтопления и иссушения. Более комплексно осваивать месторождения полезных ископаемых, не допуская их потерь при добыче и переработке».

Антропогенный фактор в природе

1.1. ПРИРОДА И ЕЕ КОМПОНЕНТЫ

В общем смысле под словом «природа» понимают Вселенную, однако во многих случаях, в частности при изучении проблемы природоохранения, пользуются узким, утилитарным понятием природы, ограничивая ее живым миром и неживой материей нашей планеты. Живая составляющая Земли, названная акад. В. И. Вернадским «живым веществом», представлена миром растений, животных и микроорганизмов. Неживым компонентом природы является атмосфера, гидросфера и литосфера.

Область обитания живых организмов называют «биосферой» — сферой жизни. Биосфера представляет собой относительно тонкую оболочку жизни на Земле — она занимает нижнюю часть атмосферы, распространяющуюся на высоту 12–15 км, всю водную среду планеты и ее недра до глубины 2–3 км (по Вернадскому она включает и область «былых биосфер», охватывающую зоны распределения в глубинных недрах Земли биогенных осадочных пород). Отметим, что границы биосферы в наше время искусственно расширяются. Так, разрабатывая месторождения твердых полезных ископаемых на больших глубинах и охлаждая воздух в горных выработках, человек создает условия для своего пребывания и жизни микроорганизмов в земных недрах на глубине до 4 км; на большие или меньшие периоды времени создаются изолированные локальные живые миры в приземном космическом пространстве.

Между живой и неживой средой существует взаимосвязь, которая проявляется в первую очередь в биогенной миграции атомов, т. е. в круговороте веществ и перераспределении энергии при участии всех населяющих Землю организмов. Живые организмы изменяют состав атмосферы, гидросферы и литосферы, способствуют перераспределению химических элементов, накоплению органического материала, образованию почвенного слоя и месторождений ряда полезных ископаемых. Совокупность в том или ином участке природной среды живых и неживых компо-

нентов, взаимодействующих между собой, получила название экологической системы (экосистемы); наука о взаимосвязи организмов между собой и косной (неорганической) средой называется экологией.

1.2. АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР

Само собой разумеется, что человек является составной частью природы, поэтому, выделяя его, последнюю называют окружающей средой.

С появлением на Земле человека естественные процессы, протекающие в окружающей среде, стали меняться; эти изменения возникли как следствие сознательной деятельности людей. Отмечая качественное отличие воздействия человека на природную среду, Ф. Энгельс писал: «Коротко говоря, животное только пользуется внешней природой и производит в ней изменения просто в силу своего присутствия; человек же вносимыми им изменениями заставляет ее служить своим целям, господствует над ней»*. Особенности воздействия человека на природу, отмечает В. И. Ленин, основываются на том, что «господство над природой, проявляющее себя в практике человечества, есть результат объективно-верного отражения в голове человека явлений и процессов природы»**.

Природопреобразующая деятельность людей, явившаяся новой движущей силой развития природы, называется «антропогенным фактором». Воздействие на окружающую среду антропогенного фактора проявлялось первоначально в ничтожных масштабах, но постепенно с накоплением у людей знаний, с использованием огня, с совершенствованием орудий труда и ростом численности населения планеты оно неуклонно возрастало и становилось все более ощутимым. В прошлом наибольшее влияние на окружающую среду оказывала сельскохозяйственная деятельность человека, ее природопреобразующие результаты проявлялись в изменении ландшафтов земной поверхности — леса превращались в пастбища и поля. Со временем развивающееся промышленное производство оказывало все большее влияние — на огромных площадях земной поверхности происходили значительные изменения природных экологических систем. Преобразованные экосистемы и возникшие новые в результате сознательного воздействия человека на природу называются «искусственными экосистемами».

Именно в создании и формировании искусственных экосистем, охватывающих в настоящее время большую часть биосферы, и проявляется наиболее отчетливо роль антропогенного фактора в развитии природной среды. При этом далеко не все изменения, вносимые в природную среду, позитивны. Это, в частности, отмечал Ф. Энгельс. Он писал, что разумная, по своим намерениям, деятельность людей в большинстве случаев в масштабах биосферы оказывается не только малоразумной, но и разрушительной.

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 495.

** Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 198.

Приведем несколько примеров из истории. Сооружение ирригационных систем в государствах Ближнего Востока еще в древности привело к засолению и потере плодородия почв на обширных территориях; земледельческие угодья Сирии под влиянием ветровой эрозии превратились в бесплодные каменистые и песчаные пустыни; уничтожение обширных лесов Северной Африки также способствовало интенсивному процессу опустынивания. В более поздние времена уничтожались леса в Европе; в XVIII—XIX вв. были истреблены несметные бизоны стада в Северной Америке.

Дальнейшие темпы развития человеческого общества, увеличение населения Земли, промышленный прогресс, рост потребления продовольствия и промышленных изделий способствовали усилению влияния антропогенного фактора на окружающую среду.

Главными негативными последствиями влияния антропогенного фактора на природную среду являются загрязнение воздуха, воды и поверхности Земли, а также интенсивное истощение ее минеральных ресурсов.

Преобразуемую человеком биосферу называют «ноосферой» (сферой разума). Для развития ноосферы характерна решающая роль общественной деятельности людей. Деятельность людей в направлении преобразования природы носит социальный характер. Она направлена на удовлетворение не только биологических, но и все возрастающих социальных потребностей человеческого общества.

1.3. РЕСУРСЫ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ

Отметим, что, изменяя природную среду в процессе преобразования существующих и создания новых искусственных экологических систем, человек сам претерпевает определенные изменения, однако процесс его эволюции протекает очень медленно. За последние тысячелетия организм человека в генетическом отношении практически не изменился. Для жизни людей нужны прежние по составу воздух, вода и пищевые продукты животного и растительного происхождения; все перечисленное относится к биологическим ресурсам Земли. К ним же следует отнести и так называемое «пространство обитания» — часть земной поверхности с благоприятными для жизни человека условиями.

Для удовлетворения социальных и бытовых нужд современного человеческого общества расходуется огромное количество разнообразных веществ, являющихся составными частями верхних слоев литосферы, — минеральные ресурсы Земли. Производство энергии, потребление которой в наше время необычайно велико, базируется на расходовании энергетических ресурсов Земли.

Таким образом, биологические ресурсы планеты обуславливают возможность жизни человека на Земле, а минеральные и энергетические — являются основными источниками материального производства человеческого общества.

Использование и переработка человеком природных ресурсов сопровождается возвращением в биосферу различных остатков и от-

ходов; таким образом, между природой и человеческим обществом осуществляется непрерывный обмен веществ. В результате этого обмена происходит преобразование и перераспределение веществ в природной среде, сопровождаемое рассеиванием или концентрацией, за короткие периоды времени атомов различных элементов. Так, например, человек в течение нескольких лет или десятилетий «рассеивает» полезные ископаемые, сконцентрированные в месторождениях, на создание которых природой затрачивались миллионы лет. Другой иллюстрацией к изложенному могут служить локальные, не свойственные природе концентрации химических элементов в воздухе, воде и почве индустриальных районов. Помимо этого человек в огромных масштабах использует энергию различных видов топлива (уголь, нефть и др.), энергию воды, ядерного деления и синтеза, преобразует ее в другие виды энергии и перераспределяет, рассредоточивая и концентрируя в различных частях биосферы и даже за ее пределами.

Природные ресурсы Земли делят на неисчерпаемые и исчерпаемые. Последние, в свою очередь, делят на возобновимые и невозобновимые; структурная схема природных ресурсов представлена на схеме 1.

Схема 1



Неисчерпаемых природных ресурсов не столь уж много — солнечная радиация, энергия морских волн, энергия ветра и энергия земных недр. С учетом огромных масс воздушной и водной сред планеты неисчерпаемыми считают атмосферный воздух и воду. Однако отнесение их к неисчерпаемым ресурсам не может быть безоговорочным — под влиянием антропогенного фактора химический состав и физическое состояние атмосферы и гидросферы начали изменяться. Качественные изменения воздуха и воды приводят к потере их биологической ценности и к ограничению возможности технического

использования. На основании изложенного в схеме 1 условное отнесение этих двух компонентов к неисчерпаемым ресурсам отображено пунктирными линиями.

При современной технологии использования атмосферного воздуха и вод эти ресурсы правомочно считать неисчерпаемыми только при реализации крупномасштабных (преимущественно энергетических) затрат на восстановление их качества. Вполне вероятно, что с этой точки зрения атмосферный воздух и воду правильнее относить к возобновимым исчерпаемым ресурсам. Восстановление или наращивание исчерпаемых возобновимых ресурсов (при этом они могут становиться практически неисчерпаемыми) — важная задача рационального природопользования.

Исчерпаемость невозобновимых ресурсов определяется их резервами в природе и интенсивностью использования человеческим обществом. В соответствии с данными ООН население Земли в настоящее время составляет 4,6 млрд. человек, а к 2000 г. прогнозируется его увеличение до 6,1 млрд.; считают, что численность населения стабилизируется к 2110 г. на уровне 10,5 млрд. человек. При этом средняя плотность населения планеты составит 70 человек на 1 км² суши. Отметим, что плотность населения на планете весьма неравномерна — в европейских странах она выше, чем в других странах, и составляет в среднем 95 чел./км². Для установления критических районов перенаселения и территорий, имеющих резервы площадей, пользуются так называемым коэффициентом давления населения на Землю (определяется отношением средней плотности населения в данной стране к среднемировой плотности населения). Почти половина суши планеты характеризуется повышенным коэффициентом давления (вся Европа, страны Азии, Центральная Америка, части Африки, Северной и Южной Америки).

С учетом изложенного в обозримом будущем возникновение проблемы исчерпания пространства обитания не ожидается; оптимизация использования суши может осуществляться за счет интенсивного освоения необжитых и малообжитых регионов с искусственным улучшением на них условий жизни человека.

Естественно, что при неизменности высотных отметок различных участков русла рек их энергетические ресурсы исчерпаемы; исчерпаемость определяется рентабельностью сооружения и эксплуатации гидроэнергетических устройств на реках, каналах и водохранилищах. Невозобновимость энергетических ресурсов рек не ставит под вопрос развитие материального производства человеческого общества; по мере истощения этих ресурсов в более широких масштабах используются другие природные энергоисточники.

Иное положение с ресурсами полезных ископаемых, наличие которых является одним из основных факторов развития материального производства. В общем-то ресурсы полезных ископаемых возобновимы в процессе эволюции литосферы, однако время их возобновления, измеряемое сотнями тысяч и миллионами лет, не сопоставимо со временем разработки месторождений и расходом минеральных богатств. Пожалуй, несколько особое положение среди полезных

ископаемых занимают природные соли и сера, месторождения которых в определенных природных условиях воссоздаются сравнительно быстро. Своеобразной «возобновимостью» ресурсов полезных ископаемых можно считать освоение отвалов пород с некондиционным содержанием полезных компонентов и хвостов обогащения, которые переводятся в запасы, подлежащие разработке, даже называемые иногда «антропогенными», или «техногенными», месторождениями.

Бережливое отношение к разведваемым и разрабатываемым месторождениям, комплексное извлечение из них полезных компонентов, планомерное, рациональное и экономное расходование металлических, неметаллических и топливно-энергетических минеральных веществ — основа природоохранной политики применительно к природным ресурсам полезных ископаемых.

2.1. ПРИНЦИПЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ

Природоохранительная политика социалистических стран базируется на следующих принципиальных положениях: 1) земля, недра, воды, леса — собственность государства; 2) охрана природы — общегосударственная задача, всенародное дело; 3) единство научно-технического прогресса, охраны природы и бережного рационального использования природных ресурсов; 4) комплексность решения проблемы охраны природы; 5) планирование и управление природоохранительными мероприятиями на всех уровнях — от государственного до отраслевого.

Решение проблемы охраны природы непосредственно связано с задачами строительства коммунистического общества, с культурными запросами населения и воспитанием молодежи.

Реализация принципиальных положений природоохранительной политики достижима только на основе правовой государственной регламентации. Под правовой охраной окружающей среды понимают совокупность установленных государством правовых норм и возникающих в результате их реализации правоотношений, направленных на выполнение мероприятий по сохранению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов и на компенсацию ущерба, нанесенного природным объектам.

Первый декрет «О земле», принятый Советским правительством 26 октября 1917 г., предопределил возможность плановой реализации мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов.

Созданная в последующие годы в Советском Союзе система законов и постановлений является правовой основой всех видов деятельности, связанной с природопользованием.

Конституция Союза Советских Социалистических

Республик является основой законов и других актов государственных органов, в том числе и законодательства об охране окружающей среды.

В статье 18 Конституции записано: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды». В соответствии с Конституцией основу экономической системы СССР составляет социалистическая собственность на средства производства. Земля, ее недра, воды и леса находятся в собственности государства. Государство охраняет социалистическую собственность и создает условия для ее преумножения (статьи 10 и 11). Таким образом в этих статьях Конституции оговорены государственные меры природоохранительного характера. В статье 42 среди мероприятий, обеспечивающих право граждан СССР, предусматриваются и меры «по оздоровлению окружающей среды», и, наконец, статья 67 гласит: «Граждане СССР обязаны беречь природу, охранять ее богатства».

Резюмируя изложенное, следует констатировать, что в Конституции СССР четко сформулированы цели природоохранных мероприятий, права и задачи государства в области охраны природы и обязанности граждан в отношении природопользования.

Направленные на улучшение охраны природной среды постановления, принятые ЦК КПСС, Верховным Советом СССР и Советом Министров СССР, полностью соответствуют основным положениям Конституции СССР. Перспективы развития мероприятий по охране природы рассматривались на XXII съезде КПСС. Вопросам охраны природной среды и рациональному использованию природных ресурсов уделялось большое внимание на XXIII, XXIV, XXV, XXVI съездах КПСС. В свете решений съездов КПСС и правительственных организаций формировалось современное природоохранительное законодательство СССР. В систему законов, составляющую правовую основу природопользования, входят: «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» (декабрь, 1968); «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении» (декабрь, 1969); «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик» (декабрь, 1970); «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (июль, 1975); «Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик» (июнь, 1977); Закон Союза Советских Социалистических Республик «Об охране атмосферного воздуха» (июнь, 1980); Закон Союза Советских Социалистических Республик «Об охране и использовании животного мира» (июнь, 1980). Законом Союза Советских Социалистических Республик «О трудовых коллективах и повышении их роли в управлении предприятиями, учреждениями и организациями» (1983) предписывается трудовым коллективам осуществлять меры по рациональному использованию земли, недр, вод, лесов и других природных ресурсов.

Все перечисленные законы в той или иной степени регламенти-

руют производственную деятельность геологоразведочных организаций и горных предприятий. Связи этой деятельности с соответствующими регламентациями в основах земельного, водного и лесного законодательства, а также в законодательствах о недрах и в законе об охране атмосферного воздуха, по-видимому, достаточно очевидны и не требуют комментариев. В основах законодательства по здравоохранению и законе об охране и использовании животного мира эта связь устанавливается регламентациями по охране воздушной, водной среды и лесных богатств.

Важнейшими законодательными актами природоохранения являются постановление Верховного Совета СССР «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов» (сентябрь, 1972) и постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов» (декабрь, 1972). В этих документах разработана программа, определяющая отношение к природопользованию в период научно-технического прогресса, установлена необходимость комплексного подхода к решению задач охраны природы и обеспечения рационального использования природных ресурсов во всех отраслях народного хозяйства, распределены функции между министерствами и ведомствами в области планирования и реализации природоохранных мероприятий, а также контроля за их выполнением и состоянием природной среды. В указанных постановлениях отмечалась, в частности, необходимость более широкого распространения среди населения знаний по охране природы и в том числе усиления внимания к преподаванию основ рационального использования и защиты природной среды во всех учебных заведениях. В декабре 1978 г. вышло еще одно постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов». В постановлении предусматриваются меры по усилению государственного контроля за проведением мероприятий по охране природной среды.

На базе этих государственных актов в союзных республиках также разрабатываются и действуют соответствующие правительственные природоохранные постановления, кроме того, имеется значительное количество директивных и нормативных документов локального или отраслевого назначения, например постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дополнительных мерах по обеспечению рационального использования и сохранению природных богатств бассейна озера Байкал» (июнь, 1971) и аналогичные по своему направлению постановления по охране вод рек и морей. Из регламентирующих документов отраслевого назначения отметим постановление Совета Министров СССР «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ» (июнь, 1976).

Защите биосферы в стране от вредного воздействия производственного шума посвящено постановление Совета Министров СССР «О ме-

рах по снижению шума на промышленных предприятиях, в городах и других населенных пунктах» (октябрь, 1973).

Природоохранительное законодательство в СССР совершенствуется по мере развития социалистического общества и интенсификации воздействия его на природную среду.

Во всех социалистических странах действует развитое природоохранное законодательство, обеспечивающее всесторонний комплексный подход к решению проблем охраны природы, рационального использования природных ресурсов и увязку их с планированием и развитием народного хозяйства. В Конституции Германской Демократической Республики записано, что государство и общество обеспечивают охрану природы на благо граждан: «Охрана чистоты водного и воздушного бассейна, а также охрана растительного и животного мира и достопримечательностей природы должны обеспечиваться компетентными органами и, кроме того, являются делом каждого гражданина». В Горном законе ГДР (1969) регламентируется, в частности, использование земельных участков для горно-промышленных предприятий и восстановление нарушенных земель. В соответствии с конституцией ГДР в 1970 г. был принят «Закон об охране и рациональном использовании воздушной и водной среды, растительного и животного мира, поверхности земли, почвы и недр», явившийся основой природоохранного права страны. В этом законе сформулированы основные принципы охраны сельскохозяйственных и лесных угодий; восстановления и подготовки нарушенных площадей преимущественно для сельскохозяйственного использования; рационального использования вод; сохранения качества воздушной среды; утилизации и безвредного удаления отходов; защиты граждан от производственного шума.

2.2. УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

В СССР накоплен огромный опыт планирования общественного производства с учетом рационального природопользования. Природопользование, как и всякий процесс деятельности общества, нуждается в управлении. «Целью управления охраной природной среды является обеспечение выполнения норм и требований, ограничивающих вредное воздействие процессов производства и выпускаемой продукции на окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов, их восстановление и воспроизводство» (ГОСТ 24525.4—80).

Под государственным управлением понимают организующую деятельность государственных органов по решению задач охраны природы, рационального использования, восстановления и воспроизводства природных ресурсов. Органами государственного управления природопользованием являются Комиссия Президиума Совета Министров СССР по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, Отдел охраны природных ресурсов при Госплане СССР, Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Отдел водохозяйственного планирования и охраны воздушного и водного бассейна Госплана РСФСР и ряд республиканских комитетов охраны природы. Государственный комитет

Совета Министров СССР по науке и технике (ГКНТ) разрабатывает и утверждает планы исследований научных основ рационального использования природных ресурсов и охраны природы.

Управление природопользованием осуществляется посредством научно обоснованного планирования, обеспечивающего рациональное использование природных ресурсов страны, совершенствования природоохранного законодательства и установления контроля за реализацией планов и соблюдением законов. Эффективность управления должна оцениваться по экономическим, гигиеническим, экологическим и социальным показателям.

Государственный план экономического и социального развития СССР включает раздел по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов. Основные, действующие законодательства по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов были уже перечислены и более детально будут рассмотрены в последующих разделах учебника.

Контроль за выполнением природоохранных мероприятий возложен на отраслевые министерства и ведомства. Государственный контроль за выполнением требований рационального использования и охраны земель предприятиями и организациями (независимо от их ведомственной принадлежности) возложен на Министерство сельского хозяйства СССР. Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР осуществляет государственный контроль за рациональным использованием вод и проведением мероприятий по их охране. Государственный контроль за проведением всех геологоразведочных работ на территории СССР, а также за использованием и охраной подземных вод выполняет Министерство геологии СССР. Государственный комитет по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору (Госгортехнадзор СССР) осуществляет государственный надзор за эксплуатацией месторождений полезных ископаемых и за охраной недр. Министерство здравоохранения СССР обеспечивает государственный санитарный надзор за состоянием природной среды, одной из основных задач которого является контроль за мероприятиями, направленными на ликвидацию и предупреждение загрязнения водоемов, почвы и атмосферного воздуха.

Помощь государственным органам в осуществлении функций контроля за состоянием природной среды и реализацией природоохранных мероприятий оказывают республиканские добровольные, массовые общественные организации. Наиболее крупной из этих организаций является Всероссийское ордена Трудового Красного Знамени общество охраны природы, функционирующее с 1924 г. Оно насчитывает в своем составе более 30 млн. человек и 62 тыс. коллективных членов (коллективов предприятий, организаций и учебных заведений). Деятельность государственных инспекций охраны природы опирается на поддержку значительного количества общественных инспекций.

Для предупреждения правонарушений в области охраны природы используется система политических, правовых, организационных, экономических, материально-технических и идеологических мероприятий.

К ним относятся: 1) разработка природоохранительной политики государства и установление соответствующих форм международного сотрудничества; 2) совершенствование природоохранительного законодательства; 3) организационная деятельность партийных и государственных органов, хозяйственных организаций и общественности; 4) выделение значительных ассигнований на охрану природы; 5) строительство природоохранных сооружений и реализация научных достижений в этой области; 6) широкая пропаганда охраны природы, приобретение навыков и знаний в области рационального использования природных ресурсов и природоохранения.

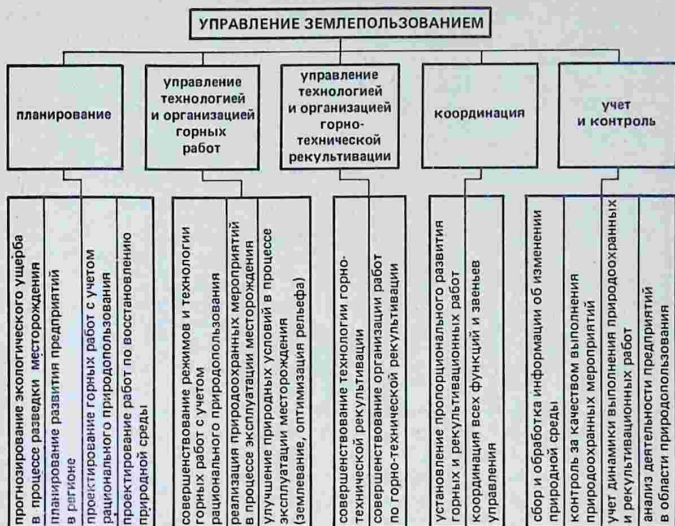
Одним из элементов управления охраной природы является привлечение к ответственности нарушителей природоохранного законодательства. К ответственности в качестве правонарушителей могут привлекаться предприятия, организации, учреждения, их должностные лица и граждане. Правонарушения в области охраны атмосферы, земель, недр, вод, животного и растительного мира влекут за собой материальную, административную, дисциплинарную, уголовную ответственность.

Для того чтобы управление природопользованием было эффективным, оно должно осуществляться на всех уровнях — от государственного и отраслевого вплоть до предприятий или организаций. Само собой разумеется, что присущие всем системам управления общие функции приобретают на различных уровнях специфические особенности (на предприятиях, например, к общим функциям относится управление техникой и технологией).

Исходным моментом управления служит, как известно, выбор цели. В общих чертах цель управления природопользованием при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых может быть сформулирована следующим образом: наиболее полное и рациональное изучение и использование недр при наименее существенных нарушениях, эффективном восстановлении и целесообразном преобразовании природной среды.

Рассмотрим проблему управления природопользованием на уровне горнодобывающего предприятия. Влияние подземной и особенно открытой разработки месторождений на природную среду значительно и выражается главным образом в изменении ландшафтов. Поэтому ограничимся изложением основных задач управления землепользованием, рассматриваемого в качестве основной подсистемы управления природопользованием. На карьерах они сводятся к снижению масштабов нарушений земной поверхности и повышению результативности ее восстановления. На схеме 2 приведены основные задачи управления землепользованием на горнодобывающих предприятиях. Выделяются следующие функции: 1) планирование охраны природы и рационального использования земель; 2) управление технологией и организацией горных работ; 3) управление технологией и организацией горнотехнической рекультивации; 4) координация звеньев управления на различных этапах освоения месторождений; 5) учет и контроль состояния нарушенных и восстановленных земель.

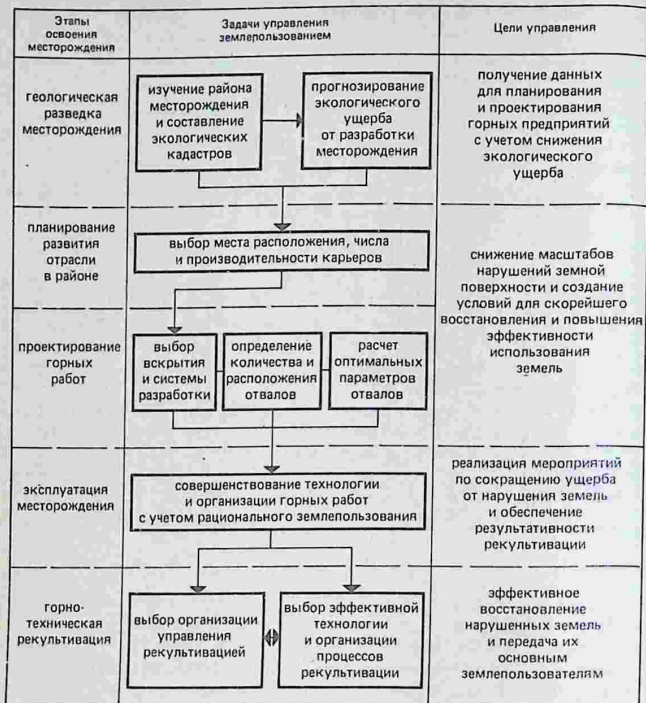
Планирование путей, средств и объектов управления землеполь-



зованием должно базироваться на прогнозировании экологического ущерба от разработки месторождений, решении проектных задач с учетом снижения негативных последствий горных работ и обеспечения наиболее экономичного и результативного восстановления нарушенных земель. Управление технологией и организацией включает комплекс мероприятий по совершенствованию производства горных и рекультивационных работ. Функции координации, учета и контроля в управлении землепользованием, по существу, не имеют принципиальных специфических особенностей, а только профилируются применительно к основным производственным процессам добычи полезных ископаемых и восстановления нарушенных земель.

Схема 3 дает представление о задачах управления землепользованием на различных стадиях освоения месторождений строительных материалов. Применительно к практически повсеместному распространению месторождений стройматериалов в функции планирования приобретает исключительно важное значение прогнозирование экологических последствий горных работ, определяющее в конечном счете выбор месторасположения карьера с учетом снижения ущерба природной среде.

Функции проектирования горных работ, эксплуатации месторождения и восстановления земель в конкретных условиях имеют большую или меньшую значимость в отношении рационального землепользова-



ния. Взаимосвязь между этими мероприятиями является необходимой для достижения высокой результативности и экономичности охраны и восстановления земельных площадей. Функции координации, учета и контроля в управлении землепользованием обеспечивают оптимальность этих взаимосвязей.

Наряду с правовыми и организационными стоят экономические методы управления природопользованием, которое становится все более дорогостоящим, так как увеличиваются расходы на природоохранные мероприятия и удорожается добыча полезных ископаемых вследствие (главным образом) увеличения затрат на разведку и разработку месторождений и снижения качества добываемого минерального сырья и топлива.

2.3. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

Результаты природообразующей деятельности человеческого общества становятся все более соизмеримыми с действием естественных геологических процессов. Масштабы антропогенных преобразований природы непрерывно растут, причем ухудшение качества природной среды носит локальный, региональный, общестрановой («национальный»), межстрановой или глобальный характер. Отсюда решение проблемы природопользования не может ограничиваться территорией того или иного государства, а выходит за его пределы. Рациональное природопользование во многих случаях становится достижимым только при сочетании природоохранных мероприятий во всех или в первую очередь в соседствующих странах.

Коллективные действия государств в области изучения природной среды, планирования и реализации природоохранных мероприятий осуществляются в форме международного сотрудничества. Совместные мероприятия направлены главным образом на защиту от загрязнения международных рек и материковых водоемов, атмосферного воздуха, Мирового океана и космоса.

Международными называются реки, пересекающие территории различных стран или разделяющие их границы; международными материковыми водоемами считаются изолированные от океана моря, озера и другие водоемы, расположенные внутри материка, береговые линии которых проходят по территории различных государств. В понятие Мировой океан объединяются Атлантический, Индийский, Тихий и Северный Ледовитый океаны со всеми связанными с ними морями.

Объектом защиты от загрязнения космоса является околоземное космическое пространство, Луна и планеты, достигаемые космическими кораблями.

Социалистические страны первыми начали сотрудничать в области охраны природы. Уже в 1964 г. план координации важнейших научных и технических исследований, выполняемых странами — членами СЭВ, содержал проблему защиты водных и воздушных бассейнов от загрязнения. В результате выполнения исследований по этой проблеме, в частности, были созданы «Единые критерии и нормативы чистоты поверхностных вод и принципы их классификации», а также «Единые методы планирования мероприятий по охране чистоты вод».

В последующие годы диапазоны совместных исследований и действий расширились, в 1971 г. была принята Комплексная программа социалистической экономической интеграции, на основе которой была разработана Общая программа сотрудничества стран — членов СЭВ и Югославии в области охраны природной среды и рационального использования природных ресурсов, рассчитанная на период до 1980 г. Программа содержала уже 11 крупных проблем, отражающих различные аспекты природоохранения, — от социально-экономических и правовых до научно-технических.

Среди них, в частности в проблеме «Охрана недр и рациональное использование природных ресурсов», предусматривалось установление общих направлений и правил в проведении геологоразведочных работ,

в проектировании вскрытия и разработки месторождений и охране подземных вод. В плане СЭВ по научно-техническому сотрудничеству на 1981—1990 гг. предусмотрено дальнейшее развитие решений проблемы в области охраны природной среды.

Органами управления планированием и разработкой природоохран-ных мероприятий является Комитет СЭВ по научно-техническому со-трудничеству, Совет по вопросам охраны и улучшения окружающей среды и постоянные комиссии (ПК) СЭВ.

Сотрудничество в области охраны природы между капиталистическими странами осуществляется через организации, занимающиеся рассмотрением и решением преимущественно частных проблем природоохране-ния. К наиболее крупным из этих организаций относятся, в частности, Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭРО) и Евро-пейский экономический совет (ЕЭС). Эффективность этого сотрудниче-ства снижается в связи с противоречиями, возникающими между организациями, зависимость принимаемых решений от интересов наиболее мощных монополий в странах сотрудничества и различием в системах природопользования в каждой из стран.

Наиболее широкое межгосударственное сотрудничество осуществ-ляется в рамках ООН, в нем участвуют социалистические, капиталис-тические и развивающиеся страны. Комплексная проблема охраны природной среды впервые обсуждалась в ООН в 1968 г. на Межпра-вительственной конференции по проблемам биосферы. Спустя четыре года в системе ООН был создан специальный орган международного сотрудничества по проблеме природной среды, получивший название «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЕП), на который были возложены задачи координации и проявления инициативы в постановке новых вопросов по сотрудничеству между странами в области охраны природы. К главным направлениям деятельности ЮНЕП относятся: экологические проблемы населенных пунктов, а также проблемы здо-ровья и благосостояния человека; охрана наземных экосистем и борьба с распространением пустынь; деятельность, связанная с экологическим образованием и информацией; торговые, экономические и технологи-ческие аспекты по защите природы; защита Мирового океана от загряз-нения, охрана растительности и диких животных; экологические вопросы энергетики.

В перечисленных проблемах выделяют две группы задач: оценка антропогенных изменений природной среды и управление качеством природной среды. В решении задач первой группы большое значение имеет разработка глобального комплексного мониторинга — регулярного наблюдения за состоянием природной среды и оценки ее изменений. Вторая группа задач заключается в разработке принципов взаимоотно-шения между обществом и природной средой, обеспечивающих рост производства, благосостояния и технический прогресс без негативных экологических последствий. ЮНЕП принимает активное участие в заключении глобальных и региональных соглашений по охране от загрязнения морских вод. Страны Совета Экономической Взаимопомощи вносят существенный вклад в деятельность ЮНЕП.

Координация сотрудничества с ЮНЕП советских организаций осу-

ществляется Комиссией СССР по делам ЮНЕП при Государственном комитете СССР по науке и технике.

Кроме ЮНЕП в системе ООН имеется ряд организаций, занимающихся различными аспектами проблемы природоохранения, — ВОЗ (Всемирная Организация здравоохранения), ЕЭК (Европейская Экономическая Комиссия).

Помимо межгосударственных организаций в решении проблемы природной среды принимают участие многочисленные международные неправительственные организации. Среди них наиболее крупными являются Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) и Международный совет научных союзов (МСНС). Привлечение общественных организаций к решению проблемы рационального природопользования имеет существенное значение. Важным элементом мобилизации внимания общественности является широкое распространение экологического воспитания и информации среди населения.

3.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ

Понятие «энергетика» включает в себя методы получения и использования различных видов энергии для нужд человеческого общества. Энергетика, или иначе «топливно-энергетический комплекс», — одна из основ развития современного общества; эффективность решения социальных, экономических и технических задач, а также антропогенных преобразований природы в значительной мере определяется выработкой энергии и масштабностью энергоресурсов.

Темпы научно-технического прогресса и интенсификация производства находятся в прямой зависимости от состояния энергетики. Она оказывает весьма существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнения воздуха, воды, земной поверхности и недр, а также основным потребителем минерального топлива, определяющим уровень его добычи.

Первоисточником большинства видов энергии служит солнечная радиация. Солнце каждую секунду направляет на Землю энергию, равную $16,76 \cdot 10^{13}$ кДж, половина которой, проходя через атмосферу, достигает поверхности нашей планеты. Часть поглощаемой атмосферой и гидросферой энергии затрачивается на круговорот воды в природе или превращается в энергию ветра, волн и океанских течений. Доля энергии, воспринимаемая верхним слоем литосферы, расходуется на накопление теплоты и поверхностной энергии пород, приводящей к их разрушению, вплоть до мелкодисперсного состояния (пески, глины), а также на другие процессы. Значительная часть солнечной энергии расходуется в биосфере на фотосинтез и создание живого вещества.

К энергии, непосредственно не связанной с солнечной радиацией, относят тепловую энергию земных недр, энергию океанских и морских приливов, тепловую энергию, получаемую при сжигании биологических (древесины) и геохимических (торф, уголь, нефть, газ) «аккумуляторов солнечной энергии», электроэнергию, атом-

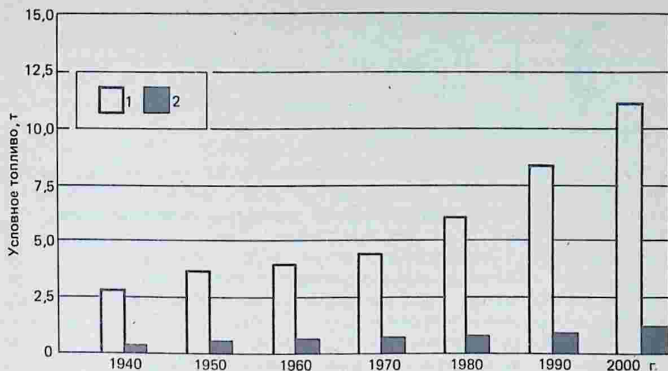


Рис. 1. Диаграмма потребления энергоресурсов:
1 – развитыми странами; 2 – развивающимися странами

ную энергию и энергию некоторых химических процессов (например, широко используемую в горном производстве энергию взрыва).

Еще в недалеком прошлом основными энергетическими источниками, используемыми человеческим обществом, была мускульная сила людей и животных, затем для наиболее трудоемких производственных процессов и транспорта стала использоваться энергия ветра и водотоков. С начала прошлого столетия основой энергетики становится энергия пара, производство которой было связано с расходом топливных ресурсов и сопровождалось загрязнением атмосферы и земной поверхности. В конце XIX столетия паровую энергию сменила электрическая. Ф. Энгельс отмечал, что электроэнергия имеет особую революционную силу, открывающую перед человечеством огромные перспективы в развитии не только материального производства, но и социального прогресса.

Значительная роль в современной энергетике принадлежит также энергии «внутреннего сгорания» жидкого топлива, превращаемой преимущественно в механическую энергию транспортных машин.

Паровая энергия имеет весьма ограниченное применение и используется в основном в железнодорожном транспорте.

Вторая половина XX в. характеризуется бурным ростом потребления энергии, проиллюстрируем это диаграммой расходования энергоресурсов, представленной на рис. 1. Мировой прирост выработки энергии в настоящее время составляет примерно 20% в год.

Производство энергии приводит к расходованию во все возрастающих количествах топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и загрязнению биосферы. При производстве энергии, связанном со сжиганием любого вида топлива, происходит «тепловое загрязнение» природной среды.

Считают, однако, что необратимые последствия теплового загрязнения будут иметь место при стократном по сравнению с современным увеличением энергопотребления.

3.2. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Наибольшее количество электроэнергии (около 70%) вырабатывается при сжигании угля, нефти и природного газа, которые в отличие от ядерного называют «химическим» топливом. Предприятия, вырабатывающие электроэнергию на базе химического топлива, называют тепловыми электростанциями.

Отметим, что на производство электроэнергии тепловыми электростанциями в СССР расходуется менее четверти всех добываемых горючих ископаемых, остальные $\frac{3}{4}$ расходуются в основном на получение промышленной и бытовой теплоты.

При выработке электроэнергии выделяется значительное количество теплоты, поэтому электростанции, расположенные вблизи городов и производственных предприятий, целесообразно использовать еще и в качестве производителя тепловой энергии. СССР занимает первое место в мире по комбинированному производству электрической и тепловой энергии. Предприятия, вырабатывающие эти энергии, называются теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). Электрическая энергия ТЭЦ подается в электросеть, а тепловая — в теплопроводы. Примерно одна треть мощности тепловых электрических установок в нашей стране, а также, например, в ГДР приходится на теплоэлектроцентрали, это обеспечивает значительную экономию топливных ресурсов (на 35—40% снижается расход топлива на производство электроэнергии и на 18—20% — на производство тепловой энергии). На базе наиболее крупных угольных месторождений в настоящее время сооружаются топливно-энергетические комплексы (Экибастузский, Канско-Ачинский, Западно-Сибирский и др.) большой мощности. Снижение расхода топлива достигается также при увеличении единичной мощности энергоблоков: в десятой пятилетке она не превышала 800 тыс. кВт, а в настоящее время эксплуатируются энергоблоки мощностью до 1200 тыс. кВт. Отметим, однако, что предел увеличения мощности энергоблоков ограничивается 2500—3000 тыс. кВт в связи с огромной массой роторов генераторов, сложностью их изготовления и недостаточной прочностью сталей. Этот предел может быть превзойден (до 5 млн. кВт и более) при использовании так называемых криогенных генераторов, действующих на принципе сверхпроводимости материалов при температурах, близких к абсолютному нулю. Впервые в мировой практике в СССР создан криогенный турбогенератор мощностью 20 тыс. кВт; планируется в ближайшие годы сооружение криогенных турбогенераторов мощностью 300 тыс. кВт и более.

Снижение удельного расхода топлива обеспечивается также за счет совершенствования оборудования и применения более экономичных тепловых схем. На современных тепловых станциях КПД паротурбинных энергоблоков достигает 40%, дальнейшее увеличение КПД практи-

чески невозможно. В ближайшем будущем этот порог будет преодолен с использованием магнитогидродинамического (МГД) метода получения электроэнергии. Получение электроэнергии в магнитогидродинамических генераторах основано на замене движущегося в магнитном поле проводника потоком высокопроводящих ионизированных газов или плазмы. Эти генераторы, работающие в комплексе с паровой турбиной, обеспечивают повышение КПД до 60%. Первая в мире электростанция с МГД-установками в недалеком будущем будет создана в СССР около г. Рязани.

При сжигании топлива атмосфера загрязняется газообразными и паро-пылевыми выбросами, в ряде случаев имеет место термическое загрязнение поверхностных вод, при использовании твердого топлива (угля) земная поверхность загрязняется шлаками и золой.

Наблюдаемая в последнее время частичная замена угля нефтью и природным газом существенно снижает вредное влияние производства электроэнергии на атмосферу и земную поверхность.

Однако необходимо отметить, что в общих запасах минерального топлива нефть и газ составляют весьма небольшую часть: если произвести расчет в тоннах условного топлива (ТУТ)*, то доля нефти составит всего 6, а природного газа — менее 2%. Следовательно, снижение вредного экологического воздействия производства электрической энергии на окружающую среду за счет замены твердого минерального топлива жидким и газообразным нельзя считать перспективным.

Перспективы исчерпания запасов минерального топлива и целесообразность использования его как ценного сырья для химической промышленности предопределяют необходимость перехода на технологию «безотопливного» производства электроэнергии, хотя основная роль тепловых электростанций будет сохраняться еще длительное время.

3.3. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ НА ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Энергетические ресурсы рек нашей планеты могут обеспечить годовую выработку 73 трлн. кВт/ч, что соответствует примерно 4 млрд. кВт энергетической мощности (из них экономически целесообразной — не более 1 млрд. кВт).

Около 12% этих энергетических ресурсов принадлежит нашей стране. На гидроэлектрических станциях (ГЭС) производится примерно одна четверть выработки электроэнергии в мире. В 35 странах более половины потребляемой энергии вырабатывается на ГЭС — на гидроэлектростанциях Норвегии, например, вырабатывается около 99, в Бразилии — 87, в Канаде — 67% электроэнергии.

В Советском Союзе за последние десятилетия был выполнен большой объем работ по гидротехническому строительству, и СССР стал страной развитой гидроэнергетики. В последний год десятой

* 1 т условного топлива по теплотворной способности эквивалентна 1 т каменного угля, 2,5 т бурого угля, 0,7 т нефти и 770–850 м³ газа; теплота сгорания 1 ТУТ равна 29330 кДж/кг.

пятилетки отечественными гидроэлектростанциями было выработано 184 млрд. кВт·ч при установочной мощности в 52 млн. кВт.

В связи с тем что гидроэнергетические ресурсы ГДР невелики, на гидростанциях в этой стране вырабатывается всего 1,7% от общего производства электроэнергии.

Развитие гидроэнергетики в нашей стране осуществляется преимущественно при комплексном использовании ресурсов рек, позволяющем одновременно с выработкой электроэнергии решать задачи водохозяйственного направления: орошение сельскохозяйственных угодий, водоснабжение промышленных предприятий и городов, развитие водного транспорта.

Задача оптимального использования гидроэлектростанций в энергосистемах решается при использовании гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), которые в часы максимального потребления электроэнергии эксплуатируются в «генераторном режиме», вырабатывая и подавая ток в электросеть, а в период недогрузок в сети (обычно в ночное время) работают в «насосном режиме», забирая ток из сети и с помощью насосов перекачивая воду из нижнего бьефа водохранилища в верхний. Использование ГАЭС обеспечивает экономию топлива на тепловых электростанциях и снижает остроту проблемы покрытия пиков в графике нагрузки.

Выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях не сопровождается загрязнением окружающей среды, однако экологическими последствиями строительства и эксплуатации ГЭС является отчуждение и затопление обширных территорий земной поверхности и существенные изменения гидрометеорологических условий. Кроме того, установлено, что в горной местности большие водохранилища перед высотными плотинами повышают сейсмичность района.

3.4. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Особое место в развивающейся энергетике отводится производству электроэнергии с использованием процессов расщепления атомных ядер, а в будущем — и их синтеза (термоядерная реакция). История атомной энергетики началась с пуском в эксплуатацию в 1954 г. первой в мире атомной станции (АЭС) в городе Обнинске, мощностью 5000 кВт. За истекшие годы проблема создания атомных электростанций стала одной из важнейших почти для всех стран мира, особенно для тех, которые не имеют достаточных ресурсов химического топлива или гидроресурсов. Несмотря на то что Советский Союз располагает большими запасами химического топлива, а энергия рек Сибири далеко еще не исчерпана, значение развития атомной энергетики для народного хозяйства огромно. Почти четыре пятых вырабатываемой энергии потребляется в европейской части страны, и перевозка топлива для тепловых станций составляет примерно 40% грузооборота железнодорожного транспорта. Суточный расход мазута на тепловой электростанции мощностью 2000 МВт превышает 8,3 тыс. т; угля — 10 тыс. т; в то время как количество ядерного горючего для АЭС такой же мощности составляе

всего 180 кг. Трудно переоценить значение АЭС и для развития малообжитых, удаленных и труднодоступных районов.

В настоящее время ни одна отрасль техники не развивается столь стремительно, как атомная энергетика. Основные направления развития — интенсивный рост производства энергии, увеличение мощности энергоблоков и совершенствование технологии выработки электроэнергии.

На Земле эксплуатируются ~320 ядерных энергетических реакторов, вырабатывающих более 8% электроэнергии. К 1985 г. будет введено в эксплуатацию более 400 АЭС, дающих 17% всей производимой электроэнергии.

В СССР в десятой пятилетке был осуществлен ввод в эксплуатацию АЭС общей мощностью около 15 млн. кВт (в четыре раза больше, чем в предыдущей пятилетке). В 1980 г. доля атомной энергетики в производстве электроэнергии составила 5,6%. В одиннадцатой пятилетке предусматривается увеличить мощность АЭС на 25 млн. кВт, а в будущем пятилетии планируется ежегодный прирост мощности в 10 млн. кВт.

Увеличение мощности энергоблоков улучшает технико-экономические показатели производства энергии на станциях всех типов, но для АЭС это приобретает особое значение — чем ближе единичная мощность реактора к 1000 МВт, тем более она конкурентоспособна с тепловыми электростанциями. Поэтому более 90% всех новых мощностей АЭС намечается строить с электроблоками мощностью до 1 млн. кВт. Электростанции проектируются как крупные энергетические комплексы с конечной суммарной мощностью 4—6 млн. кВт. Создание крупных атомных электростанций целесообразно и с экологической точки зрения. Совершенствование технологии производства атомной электроэнергии непосредственно связано с расширением энергоресурсов. В качестве ядерного горючего для атомных электростанций может быть использован уран-235, уран-233 и плутоний-239. Уран-233 и плутоний-239 в природных условиях не существуют, их можно получить в процессе ядерных реакций из тория-232 (которого в земных недрах довольно много). Природный уран, добываемый на горных предприятиях, содержит в себе всего 0,7% урана-235, а остальные 99,3% представлены ураном-238.

Для современных атомных электростанций, работающих на так называемых тепловых нейтронах, ядерным горючим служит обогащенный природный уран, содержащий до 2—3% урана-235. Использование урана в реакторах на тепловых нейтронах не превышает 1—2%.

Новым этапом в развитии атомной энергетики является использование на АЭС ядерных реакций на «быстрых» нейтронах (реакторов-«размножителей», или «бридеров»). В таких реакторах одновременно с выработкой энергии происходит преобразование урана-238 (не делющегося в реакторах на тепловых нейтронах) в плутоний-239, который также используется в качестве ядерного топлива. Реакторы-размножители позволяют примерно в 20 раз полнее использовать ядерное топливо. Нашей стране принадлежит приоритет в области строительства реакторов на быстрых нейтронах — крупнейший в мире реактор этого типа на Челябинской АЭС имеет мощность 600 тыс. кВт, в ближайшие годы

будут сооружаться серийные реакторы-размножители мощностью 800 и 1600 тыс. кВт. Во Франции на берегу Роны начато строительство АЭС «Супер-Феникс» с реактором на быстрых нейтронах мощностью 1200 МВт, в 1983 г. планировался пуск энергоблока в эксплуатацию, а к 1985 г. еще двух реакторов мощностью по 1500 МВт.

В перспективе развития атомной энергетики — производство электроэнергии на базе управляемого ядерного синтеза, основная трудность которого заключается в получении и поддержании температуры плазмы, в 3–5 раз превышающей температуру внутри Солнца, т. е. примерно 70–100 млн. градусов. Советскими учеными создана опытная термоядерная установка «Токамак», в качестве топлива ядерного реактора здесь используется смесь водорода и дейтерия (природные запасы их огромны). Предполагается, что первый термоядерный реактор будет создан в следующем десятилетии. Перспективным направлением термоядерного синтеза служит лазерный синтез (ЛТС); в СССР, США и Японии уже разработаны проекты лазерных термоядерных реакторов.

На основе выполненных исследований стала реальной задача комплексного использования атомных станций для производства электрической и тепловой энергии. Отечественный опыт эксплуатации АЭС и их радиационная безопасность позволяют говорить о перспективности теплофикации на базе размещения атомных теплоэлектроцентралей (АТЭЦ) вблизи городов и крупных промышленных объектов. Воздействие атомной энергетики на природную среду по сравнению с тепловыми электростанциями относительно невелико: производство энергии на АЭС не сопровождается расходом атмосферного кислорода, загрязнением атмосферы оксидами углерода, сернистыми соединениями, золой и т. п., а выбросы в атмосферу радиоактивных веществ значительно ниже установленных норм и меньше, чем у ТЭЦ. Экологическое воздействие АЭС заключается в значительном тепловом «загрязнении» воды. Так, например, Ленинградская АЭС при мощности в 4 млн. кВт потребляет для охлаждения около 1 млн. м³ морской воды в 1 ч. Повышение КПД атомных электростанций и переход от конденсационных АЭС на АТЭЦ обеспечит снижение тепловых «выбросов», позволит сократить безвозвратные потери воды на испарение и снизить размеры отчуждаемых для прудов-охладителей земель. На атомных электростанциях температура отводимого водой, так называемого «сбросного сырья», колеблется в пределах от 12 до 40°C, сравнительно низкий температурный потенциал тепловых отходов затрудняет использование их в промышленном производстве. Однако тепловые отходы АЭС следует рассматривать как значительные энергетические ресурсы для некоторых отраслей сельскохозяйственного производства. В СССР разработан проект энергобиологического комплекса АЭС, функционирующего на сбросном тепле. Комплекс (ЭБК) включает в себя несколько производств: тепличное, тепловодное рыбное и микробиологическое хозяйства, орошаемый теплыми водами участок открытых сельхозугодий и установку по выработке холода. С помощью ЭБК достигается безотходное (в отношении тепловой энергии) производство электроэнергии на АЭС.

Линии электропередач. Повышение уровня электрификации в стране

(преимущественно за счет эксплуатации электростанций перечисленных типов) требует сооружения все более протяженных линий электропередач (ЛЭП) и увеличения передаваемых мощностей, а следовательно, и напряжений. В настоящее время высоковольтные ЛЭП позволяют под напряжением 500 кВ транспортировать мощности до 1 млн. кВт, при этом ширина полосы отчуждения земель, располагаемой под ЛЭП, составляет 300 м. Дальнейшее увеличение напряжений приведет к многократному расширению «коридоров» отчуждения — так для напряжения в 1,5 млн. В эта ширина достигнет 2—3 км. Таким образом только передача энергии по ЛЭП приведет к изъятию из земельного фонда страны огромных территорий. Поэтому актуальнейшей проблемой является изыскание принципиально новых способов передачи электроэнергии на более или менее значительные расстояния. Одним из перспективных направлений при этом является переход от воздушных систем электропередач к кабельным сверхпроводящим системам — «криогенным» ЛЭП.

3.5. ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «НЕТРАДИЦИОННЫХ» ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Расходуемое электростанциями химическое и ядерное топливо, а также энергия рек относятся к исчерпаемым природным ресурсам. Наряду с этим в природе существует ряд энергетических источников, относящихся к неисчерпаемым, которые, однако, только в небольших масштабах используются для производства электроэнергии (поэтому эти источники и называют «нетрадиционными»). Причина ограниченного применения нетрадиционных энергетических источников состоит в отсутствии приемлемых с технико-экономической точки зрения решений для реализации их в «большой» энергетике.

К неисчерпаемым нетрадиционным энергетическим источникам относят солнечную энергию, тепловую энергию недр, энергию океанских приливов и волн, ветровую энергию. Эти источники могут существенно увеличить сырьевую базу энергетики.

Использование солнечной энергии. Солнечная радиация — неиссякаемый источник тепловой энергии. Суммарная мощность этой энергии, передаваемой на поверхность Земли, колоссальна; в течение года, например, менее чем на 1% площади Сахары излучается такое количество солнечной энергии, которое превышает потребность в ней всего человечества. Однако солнечная радиация относится к рассеянному виду энергии — с 1 км² земной поверхности можно получить лишь десятые доли киловатта. Кроме того, ее интенсивность непостоянна, она меняется в течение суток и времени года. Необходимость сбора с земной поверхности, концентрации и аккумулирования солнечной энергии делают ее неконкурентоспособной для централизованной выработки электрической энергии. Впрочем, в ряде стран, в том числе и в СССР, сооружаются экспериментальные солнечные электрические станции «СЭС» (гелиоэлектростанции). В Пиренеях (Франция) в 1983 г. была построена солнечная электростанция мощностью 2,5 МВт, которая подключена к национальной сети электроснабжения. В Крыму на берегу Азовского моря на бросовых солончаковых землях начато сооружение СЭС мощностью 5 МВт.

В центре площадки диаметром 500 м, на которой запроектировано смонтировать 1600 гелиостатов (зеркал размером 25 м²), будет располагаться 70-метровая башня с котлом на вершине, в котором будет нагреваться вода до 300°C и подаваться к турбинам-генераторам. На юго-западе США планируется соорудить и в середине 80-х годов пустить гелиоэлектростанцию мощностью 100 МВт.

В будущем могут оказаться перспективными два вида гелиоэлектростанций — работающие по тепловому циклу и с непосредственным преобразованием солнечной радиации в электроэнергию. Сейчас область практического использования солнечной радиации ограничивается локальными масштабами — гелиоустановки преимущественно в экспериментальном порядке используются для отопления, а также для опреснения или просто нагревания воды. Тем не менее проблема использования солнечной радиации для выработки электроэнергии, притом в больших количествах, конечно, остается актуальной. Гелиоэлектростанции значительной мощности, по-видимому, будут концентрироваться преимущественно в Крыму, на Кавказе, Алтае и в Средней Азии, т. е. в тех регионах страны, в которых продолжительность солнечного сияния достигает 2200—1700 ч в год.

Использование солнечной радиации для выработки электроэнергии не связано ни с загрязнением (в том числе тепловым) природной среды, ни с истощением природных ресурсов.

Использование тепловой энергии недр. Утилизация тепловой энергии земных недр наиболее целесообразна посредством откачки из скважин глубинных вод. Запасы термальных вод нашей планеты оцениваются в 700 млн. км³, что составляет примерно половину количества воды, содержащейся во всех океанах и морях. Термальные воды аккумулируют колоссальные количества тепловой энергии, однако при современном состоянии технологии могут быть использованы воды только в районах вулканической активности, находящиеся на глубинах не более 1—2 км.

В различных странах мира, в том числе и в СССР эксплуатируются геотермальные электростанции (ГеоТЭС) относительно небольшой мощности. По мнению американских специалистов, геотермальная энергия может стать существенной частью энергетического баланса США; суммарная мощность геотермальных электростанций в этой стране составляет 1 млн. кВт. Мощность геотермальных станций в Японии в 1981 г. составляла 162 тыс. кВт, однако в ближайшие годы ожидается увеличение этой мощности до 20 млн. кВт. Советский Союз обладает весьма большими запасами термальных вод — разведано более 60 крупных подземных бассейнов горячих и подогретых вод в Западной Сибири, Средней Азии, на Крайнем Севере, в Крыму и на Кавказе. Около половины этих вод имеет энергетический потенциал, эквивалентный 20 млн. т условного топлива в год. Тюменское подземное «море» термальных вод превосходит по своей площади Черное море, температура воды в нем колеблется от 60 до 300°C. Наиболее перспективной для использования тепловой энергии недр является Камчатка, ее электроэнергетический потенциал оценивается в 300 тыс. кВт. В районах БАМа обнаружены месторождения термальных (относительно низкотемпературных) вод, пригодных, однако, для теплофикации строящихся поселений и предприятий.

Теплота термальных вод должна использоваться комплексно для получения электроэнергии, теплофикации и интенсификации сельскохозяйственного производства.

Однако современная технология получения электроэнергии на геотермальных станциях сводится в основном к приему из скважины пароводяной смеси, отделении пара от воды и подачи его в паровые турбины энергоблоков. При этом отдавшая тепловую энергию вода (количество ее весьма велико) является отходами производства. Эти воды в большей или меньшей степени минерализованы (до 30% и более). Подсчитано, что геотермальная электростанция мощностью, например, 100 МВт расходует за год около 100 млн. т воды, содержащей огромное количество соединений серы, мышьяка, бора, свинца и фтора. Сточные воды этих электростанций загрязняют поверхностные и грунтовые воды, а также почву. Так, в воды реки Уайкато (Новая Зеландия) 75% содержащегося в ней мышьяка и значительное количество ртути попадает со сточными водами геотермальной электростанции. Чтобы избежать загрязнения соединениями бора почв кофейных плантаций в Сальвадоре, сточные воды геотермальной электростанции отводятся по специальному каналу в Тихий океан.

Кроме того, при работе геотермальных станций в атмосферу выделяются различные сернистые и другие газообразные соединения.

Мероприятиями, снижающими вредное влияние на природную среду выработки электроэнергии на геотермальных станциях, является возвращение в недра сточных вод и газообразных отходов или утилизация содержащихся в них химических компонентов.

Использование энергии океанов и морей. Суммарная мощность приливо-отливных течений Мирового океана, которая может быть использована для выработки электроэнергии, оценивается в 100 000 МВт. Однако удобных мест для строительства и эксплуатации крупных приливных электростанций (ПЭС), обеспечивающих экономичность выработки электроэнергии, относительно немного. Затраты на сооружение и работу ПЭС в основном определяются параметрами плотин. В 1967 г. во Франции на берегу Ла-Манша в устье реки Ранс была построена первая более или менее крупная ПЭС, спустя один год в Советском Союзе была введена в эксплуатацию Кислогубская приливная электростанция на побережье Баренцева моря. Строительство крупных ПЭС запроектировано в США мощностью 1–2 МВт, во Франции и Англии по 9 МВт. В СССР предполагается сооружение нескольких приливных электростанций-гигантов: в Мезенском заливе Белого моря и в Тугурском заливе Охотского моря мощностью до 10 МВт. Весьма перспективным представляется сооружение ПЭС в Пенжинском заливе Охотского моря мощностью до 100 МВт при длине отсекающей плотины равной 75 км. Интересно отметить, что институтом Гидропроект предлагается технология сооружения крупномасштабных плотин ПЭС с применением направленных массовых взрывов, обеспечивающая 10–20-кратное снижение стоимости строительных работ.

Выработка электроэнергии на ПЭС не связана с негативными экологическими последствиями.

В недалеком будущем возможности реализации других видов не-

исчерпаемой энергии Мирового океана будут расширяться. Для выработки электроэнергии могут использоваться температурный градиент воды на различных глубинах, энергия волн и океанских течений. В США проектируется электростанция, которая будет работать на гидротермальной энергии океанских вод, мощность которой будет составлять 1 МВт; экспериментальный образец аналогичной энергетической установки создан в Японии.

Принцип действия гидротермальных электроустановок заключается во вращении турбин генераторов паром «низкокипящего рабочего тела» (фреонов или аммиака), испаряющегося в теплообменнике-испарителе от теплоты верхних слоев океанских вод; конденсация отработанных паров осуществляется при охлаждении водой, подаваемой из глубинных холодных слоев океана. При этом предусматривается, что холодная вода к энергетическому комплексу будет подаваться насосами из глубоких шельфовых впадин.

Энергия океанских волн огромна — волна высотой 3 м передает энергию мощностью около 90 кВт на 1 м береговой линии. Выработка электроэнергии происходит при преобразовании энергии волн в компрессионных камерах в энергию сжатого воздуха с подачей последнего в турбины электрогенераторов. Подсчитано, что 12 береговых энергетических установок длиной 50 миль могут полностью удовлетворить потребность Англии в электроэнергии.

Для использования океанских течений для выработки электроэнергии в США проводятся работы по созданию экспериментального энергетического комплекса. Комплекс, состоящий из турбины с системой мультипликаторов для повышения числа оборотов и электрогенератора, предполагается разместить в районе сильных океанских течений; считают, что наиболее трудноразрешимой проблемой при этом является передача вырабатываемой электроэнергии на берег по подводному кабелю. Получение электроэнергии с реализацией температурного градиента воды, а также энергии волн и течений в океанах будет оказывать минимальное отрицательное влияние на природную среду.

Использование энергии ветра. Запасы ветровой энергии неисчерпаемы. По оценке американских ученых суммарная мощность ветров только над США и прибрежными водами составляет в среднем 100 млн. МВт. Вследствие существенных изменений во времени мощности механической энергии ветра, использование ее для выработки значительного количества электроэнергии на ветровых станциях затруднено. Мощность ветроэлектрических установок обычно измеряется десятками киловатт, они предназначаются для электроснабжения автономных потребителей. Самая крупная в мире ветровая электростанция мощностью 3 МВт сооружается в Швеции; ветроэлектрический агрегат будет размещен на высоте более 80 м и работать при скорости ветра от 6 до 21 м/с. В СССР разработаны унифицированные ветроэлектрические агрегаты мощностью от одного до 100 кВт. Ведется разработка крупных агрегатов мощностью до 5000 кВт. Наиболее перспективными для эксплуатации ветроэлектрических установок являются районы со среднегодовыми скоростями ветра, превышающими 3,5 м/с. К таким районам в СССР

относится Дальневосточное Приморье, Казахстан, Мурманская область, высокогорные районы Памира и др.

Выработка электроэнергии на ветровых установках не связана с нанесением экологического ущерба окружающей среде.

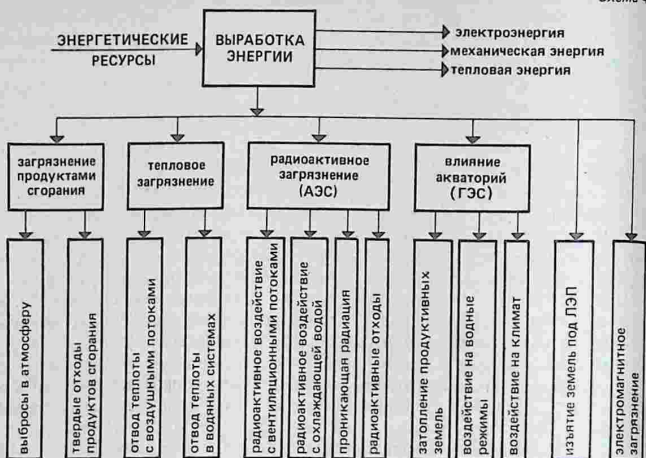
3.6. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Широкое распространение двигателей внутреннего сгорания в наземных, водных и воздушных транспортных машинах общеизвестно. Применяются эти двигатели также в относительно небольших по мощности энергетических (вырабатывающих электроэнергию или сжатый воздух) и технологических (например, в экскаваторах, буровых станках и пр.) установках. Топливом для двигателей внутреннего сгорания являются продукты переработки нефти. Проблема изыскания новых видов топлива становится актуальной по двум причинам: во-первых, в связи с прогрессирующим истощением запасов нефти, повышением стоимости продуктов ее переработки и, во-вторых, значительным загрязнением атмосферы выхлопными газами двигателей, работающих на топливе из нефтепродуктов. При этом, в первую очередь, решается вопрос о замене бензина в двигателях автомобилей. Отметим, что суммарная мощность мирового парка автомобилей примерно в 10 раз больше мощности всех работающих электростанций, а количество вырабатываемой ими энергии составляет до 33% общего количества энергии.

Заменителями бензина может быть природный газ, синтетическое газообразное или жидкое топливо из угля и спиртовое топливо. Представляет особый интерес спиртовое топливо, ресурсы которого возобновляемы, так как это топливо изготавливается из растений. Значительные успехи по производству спиртового топлива из сахарного тростника достигнуты в Бразилии. Площади, отводимые под сахарный тростник, предназначенный для этих целей, составляли в 1980 г. 2,5 млн. га. К 1985 г. предполагается увеличить эти площади до 4,2 млн. га, с тем чтобы производить более 10 млн. т спирта в год и обеспечить им потребность 46% автомобилей. В США в соответствии с законом об энергообеспечении в 1983 г. было использовано «растительного» топлива для автомобилей около 2,8 млн. т, а к 1990 г. предполагается заменить этим топливом 10% потребляемого бензина. Первое время спирт будет изготавливаться из кукурузы, впоследствии в производство будут включены и другие «энергетические» сельскохозяйственные культуры, а также древесина, водоросли, отходы сельскохозяйственного и органического производства. В нашей стране реализуются мероприятия по замене бензина на природный газ, на смесь бензина с метиловым спиртом и с другими компонентами.

Выработка энергии двигателями внутреннего сгорания сопровождается весьма значительным загрязнением воздушной среды выхлопными газами, содержащими диоксид углерода CO_2 и ряд токсичных продуктов.

На схеме 4 показано воздействие энергии на природную среду.



3.7. ПОТРЕБЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В процессах геологоразведочных и горноэксплуатационных работ расходуется значительное количество электрической энергии. Основные потребители электроэнергии — электроприводы технологических, транспортных и энергетических (вырабатывающих сжатый воздух) машин, второстепенные — системы освещения, радио- и телефонной связи, автоматизации, отопления и вычислительной техники. Кроме того, в геологоразведочных партиях и на горных предприятиях широко используется энергия двигателей внутреннего сгорания, которые служат приводами электрогенераторов, технологических машин, компрессоров и транспортных средств.

Энергетика геологоразведочных партий. Структура энергетического баланса геологоразведочных партий зависит от места проведения работ, их вида и масштабов. Энергетические проблемы наиболее просто и рационально решаются в тех случаях, когда геологоразведочные работы ведутся в непосредственной близости или на небольших расстояниях от государственных линий электропередач (ЛЭП) и железнодорожных или водных транспортных магистралей. При этом выработка энергии на месте производства буровых и горноразведочных работ сводится к минимуму. В других условиях количество вырабатываемой в геологоразведочной партии (ГРП) электроэнергии, как и энергии двигателей внутреннего сгорания, возрастает.

В СССР примерно 70% геологоразведочных работ проводится с

использованием электроприводов, питаемых энергией от государственных ЛЭП и от электростанций ГРП, причем количество вырабатываемой электроэнергии на последних составляет около 40% общего расхода. В геологоразведочных партиях эксплуатируются преимущественно тепловые электростанции, малое распространение имеют гидравлические плотинные и бесплотинные ГЭС. Мощность электростанций чаще всего составляет 50—1000 кВт. Тепловые электростанции ГРП оборудуются преимущественно дизель-электрическими агрегатами, доля локомобильных электростанций в выработке электроэнергии не превышает 6%, а станций с бензоэлектрическими агрегатами — 4%.

Помимо электроэнергии в процессе разведки месторождений полезных ископаемых расходуется значительное количество энергии, вырабатываемой двигателями внутреннего сгорания, являющимися приводами различных технологических и транспортных машин: буровых установок, автомашин, тракторов, бульдозеров, экскаваторов, компрессоров, самоходных колесных скреперов, подъемных, тягальных и скреперных лебедок, бурильных машин, вентиляторов, насосов и т. п.

Выработку энергии на тепловых электростанциях ГРП, а также технологическими и транспортными машинами сопровождается загрязнением главным образом атмосферного воздуха выхлопными газами.

Энергетика горных предприятий. Снабжение горных предприятий электроэнергией осуществляется, как правило, от государственной сети линий электропередач. Выработка электроэнергии на тепловых электростанциях, принадлежащих действующим горным предприятиям в СССР, является исключением (предприятия небольшой производственной мощности, расположенные в удаленных малонаселенных районах); в бассейнах рек Колымы, Лены и Печоры некоторые горные предприятия снабжаются электроэнергией от плавучих газотурбинных электростанций, получивших название «Северное сияние».

В Германской Демократической Республике многие горные предприятия обеспечивают себя электроэнергией, вырабатываемой на собственных ТЭС и ТЭЦ.

При строительстве горных предприятий в неосвоенных районах, когда сооружение ЛЭП еще не завершено, для строительно-монтажных работ используются передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. На некоторых горных предприятиях (преимущественно на карьерах стройматериалов небольшой производственной мощности) электроэнергия для технологических процессов вообще не потребляется.

На предприятиях, ведущих подземную разработку полезных ископаемых, употребляется электрическая и пневматическая энергия, последняя также вырабатывается компрессорами с электроприводами. Энергия двигателей внутреннего сгорания используется в относительно небольших объемах для самоходных технологических машин и главным образом поверхностного транспорта.

На горных предприятиях, производящих открытую разработку месторождений, область применения энергии двигателей внутреннего сгорания шире, этими двигателями оснащены автосамосвалы, тепловозы,

небольшие экскаваторы, драги, автопогрузчики, самоходные скреперы, бульдозеры и некоторые типы буровых установок. Эксплуатация перечисленных машин приводит к довольно значительному загрязнению атмосферного воздуха. В локальных масштабах надкарьерный воздух загрязняется выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания очень интенсивно. Большая концентрация работающих мощных автосамосвалов служит причиной образования «карьерного смога», приводящего в некоторых случаях к необходимости временного прекращения горных работ.



Охрана воздушной среды

4.1. СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

Первоначально планета Земля не имела газовой оболочки; возникновение атмосферы связано с геологическими и геохимическими процессами, обусловленными вулканической деятельностью, сопровождаемой выносом из глубинных недр азота и диоксида углерода. До появления жизни на Земле основными составными частями атмосферы являлись метан, аммиак и водяные пары; примерно 1,8 млрд. лет назад в результате жизнедеятельности бактерий, а затем и растений началась эволюция атмосферы, сопровождавшаяся увеличением содержания в ней свободного кислорода (рис. 2). Накопление кислорода приводило к постепенной замене состава атмосферного воздуха на азотно-кислородный, образовывалась так называемая «вторичная» атмосфера со свойственными ей процессами окисления.

Масса воздушной оболочки определяется астрономической цифрой в $5,2 \times 10^{15}$ т.

В атмосфере выделяют пять главных слоев: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу; основная масса воздуха (до 90%) размещается в пределах тропосферы — приземного слоя атмосферы высотой от 8 до 18 км.

В природе совершается непрерывный круговорот веществ — обмен компонентов биосферы. В течение исторически длительного периода атмосферный воздух в нижних слоях атмосферы представлял собой практически неизменную смесь газов (в %): азота — 78,084, кислорода 20,946, аргона 0,934, диоксида углерода 0,027 и 0,009 водорода, неона, гелия, криптона, метана и др.

Молекулярный азот N_2 , составляющий основную массу атмосферы ($\sim 3,7 \times 10^{15}$ т), является относительно инертным газом. Помимо него на поверхности Земли масса связанного азота, входящего в различные соединения и составляющего в основном биомассу океанов, оценивается в 10^{12} т. Азот, являющийся продуктом жизнедеятельности бактерий в водной среде и почве, в процессе разложения органического вещества превращается в молекулярный; газообразные соединения его попадают в атмосферу, из которой с осадками снова возвращаются на поверхность Земли.

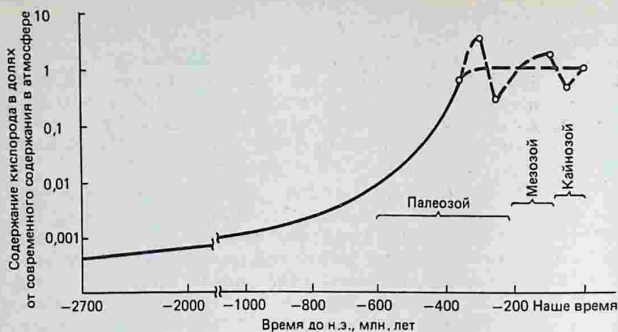


Рис. 2. Рост содержания кислорода в атмосфере

Количество свободного кислорода, содержащегося в атмосфере, оценивается в $1,5 \times 10^{15}$ т; он участвует в процессах взаимодействия компонентов экосистем в атмосфере, воде и почве, является активным реагентом химических реакций в горных породах и гидросфере. Растительность суши и океанов (фитопланктон) поставляет в атмосферу в течение года около 4×10^{11} т свободного кислорода, который расходуется на окислительные процессы, протекающие в биосфере.

В верхних слоях атмосферы молекулы кислорода под действием солнечной радиации расщепляются на атомы, образуя озон. Концентрация озона примерно постоянна, так как процесс его образования уравновешивается процессом распада. По своему объему озон составляет примерно две миллионных части атмосферы и сосредоточивается преимущественно в пределах стратосферы на высоте 20–30 км. Озоновый пояс интенсивно поглощает излучения в ультрафиолетовой области спектра, защищая органическую природу от смертоносного действия ультрафиолетовых лучей, а также влияет на тепловой баланс Земли, снижая в инфракрасной части спектра ее альбедо (отношение количества энергии, отраженной Землей, к лучистой энергии Солнца, падающей на Землю).

При относительно небольшой концентрации в атмосферном воздухе диоксид углерода имеет исключительно короткий цикл обновления в атмосфере и в процессе фотосинтеза в биосфере (для CO_2 этот цикл занимает менее 4 лет, а для N_2 , например, он измеряется многими тысячами лет). Диоксид углерода поступает в атмосферу при сжигании, гниении и разложении органических веществ; расходуется CO_2 в основном растениями для фотосинтеза, а также накапливается в почве, на дне океанов и в недрах.

Другие газовые компоненты атмосферы характеризуются невысокой активностью и не оказывают существенного влияния на биологические процессы.

Весьма непостоянной по содержанию составной частью атмосферы является водяной пар, сосредоточенный в основном в пределах тропосферы; среднегодовое поступление водяного пара в атмосферу определяется в 6×10^9 млн. т. Изменчивость его содержания в атмосфере зависит от процессов испарения, конденсации и горизонтального переноса. Определяя климатические условия, содержание водяного пара в атмосфере существенно влияет на процессы, происходящие в биосфере.

Атмосферный аэрозоль — взвешенные мелкодисперсные коллоидные и твердые частицы, находящиеся в большей концентрации в нижних частях тропосферы и являющиеся в воздушной среде загрязнителями земного и космического происхождения, оказывает заметное влияние на радиационные процессы в биосфере.

4.2. ИЗМЕНЕНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА И ЗАПЫЛЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Колоссальная масса воздушной оболочки Земли и сбалансированность естественного круговорота в биосфере ее газовых компонентов создают иллюзию неисчерпаемости ресурсов атмосферного воздуха. Однако, если характеристику неисчерпаемости воздушных ресурсов оценивать с учетом необходимости сохранения природного качества атмосферы, эта иллюзия исчезает.

Уже начиная с XIX столетия по мере развития промышленности, а затем энергетики и транспорта газовое равновесие в атмосфере начинает нарушаться. Эти нарушения выражаются в первую очередь в неуклонном увеличении содержания CO_2 и снижении содержания кислорода.

В результате естественных природных процессов в течение года в атмосферу поступает около 70 млрд. т CO_2 . Процессом, нарушающим стабильность содержания CO_2 в воздушной среде, является главным образом сжигание, причем во все больших количествах, минерального топлива.

Так как по сравнению с диоксидом углерода содержание кислорода в атмосфере почти на три порядка выше, то и уменьшение его концентрации в воздушной среде вследствие сжигания топлива, казалось бы, должно быть малозаметным (составляет ничтожные доли процента к его общему количеству). Однако общее количество кислорода в атмосфере ежегодно уменьшается на 10 млрд. т. Подсчитано, что на сжигание различного вида топлива за год расходуется 23% кислорода, продуцируемого при фотосинтезе. Приведем известный пример, иллюстрирующий сопоставимость интенсивности расходования человеком и производства природой кислорода: реактивный лайнер, перелетая за 8 ч из Европы в Америку, расходует 50—75 т кислорода, такое количество кислорода производится за это же время на территории 25—50 тыс. га леса.

Увеличение содержания в атмосфере молекулярного и связанного азота происходит в основном за счет ежегодного поступления в воздушную среду оксидов азота, образуемых при сжигании минерального топлива в тепловых двигателях, а также молекулярного азота в процессе денитрификации химических удобрений в почвах. В промышленно

Таблица 1

Компоненты	Поступление в атмосферу из источников, млн. т/г		Время нахождения в атмосфере у поверхности Земли
	естественных	антропогенных	
Аммиак	6×10^3	4	2–5 дн.
Оксид углерода (CO)	10^3	300	0,1–3 г
Метан	14×10^2	100	до 3 лет
Соединения серы	250	70	5 дн.
Углеводороды	200	50	—

развитых странах ежегодно выбрасывается в атмосферу около 50 млн. т оксидов азота.

Изменения содержания основных компонентов воздушной среды — азота, кислорода и диоксида углерода — пока незначительны, но тем не менее наблюдаются повсеместно, что свидетельствует о нарушениях природного динамического газового равновесия в атмосфере планет.

В табл. 1 приведены количества поступлений в атмосферу некоторых других газообразных компонентов воздушной среды из естественных и антропогенных источников.

При относительно небольших суммарных количествах поступающих компонентов в атмосферу, процессы самоочищения, протекающие в различных слоях воздушной среды (конденсация, растворение, окисление, разложение, поглощение бактериями и др.), обеспечивают природное газовое равновесие этих компонентов в атмосфере. Однако уместно отметить, что в отличие от большинства естественных антропогенные источники, непрерывно или систематически выделяющие перечисленные газовые компоненты, создают их значительную концентрацию в определенных частях атмосферы (в основном в тропосфере), называемую локальным загрязнением воздушной среды. Изменение в локальных масштабах газового состава воздушной среды происходит за счет увеличения содержания не только того или иного ее компонента, но также «инородных» газообразных примесей антропогенного характера, например хлорфторметанов и некоторых других газов.

Помимо газового загрязнения наблюдается неуклонное «запыление» воздушной среды — обогащение ее аэрозолем. Естественная концентрация аэрозоля в воздушной среде ранее была относительно стабильна, так как уравнивалась в процессе самоочищения атмосферы (при осаждении, вымывании, химических преобразованиях и пр.). Однако за последние 30 лет запыленность атмосферы возросла в десятки раз за счет дисперсных загрязнителей антропогенного происхождения.

Проведенные в последние годы оценки основных источников пылеобразования позволили прийти к выводу, что масса аэрозолей (с размерами менее 20 мкм), поступающая в результате деятельности людей в течение года в атмосферу, составляет от 1 до 6 млн. т, что в среднем равно 10–20% общего количества аэрозольных частиц, попадающих в воздушную среду. Основными источниками загрязнения

атмосферы аэрозолем являются газопылевые выбросы промышленных предприятий и выхлопные газы транспортных машин.

Размеры атмосферного аэрозоля различны; наиболее крупные дисперсные частицы оседают на земную поверхность из нижних слоев атмосферы в течение дней и недель; период нахождения во взвешенном состоянии мельчайших аэрозолей измеряется даже на значительных высотах годами.

В состав аэрозоля входят соединения азота, сульфаты, различные химические элементы, среди которых выделяют свинец, цинк, мышьяк, ртуть, фтор, медь, молибден, марганец, в значительных количествах содержатся зола и различного состава минеральная пыль.

К особому виду загрязнителей следует отнести радиоактивные вещества; поступают они в атмосферу практически непрерывно с дымовыми газами тепловых электростанций, при редких, но все еще продолжающихся даже в атмосфере экспериментах с ядерным оружием, при газопылевых выбросах некоторых производств и при аварийных случаях, правда исключительно редких, на атомных электростанциях. В стратосфере радиоактивные вещества находятся в течение 3—9 лет, в тропосфере — несколько месяцев; возвращаются они на Землю в основном с атмосферными осадками.

Масштабы локальных загрязнений атмосферы газообразными продуктами и аэрозолем зависят от массы поступающих в воздушную среду загрязнителей, их физических и химических свойств, режимов выбросов, а также метеорологических условий и топографии местности. Схема распределения локальных загрязнений атмосферы представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема распределения загрязнений в воздушной среде

В результате естественных природных процессов, как отмечалось в атмосферу поступает в течение года около 70 млрд. т CO_2 ; при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива дополнительно образуется еще около 15 млрд. т CO_2 , вследствие чего его содержание в атмосфере довольно интенсивно возрастает. Установлено, что за 100 лет с 1860 по 1960 г. содержание CO_2 в атмосферном воздухе возросло с 0,027 до 0,032%; за 10 последующих лет концентрация CO_2 увеличилась примерно до 0,033% и сейчас превышает 0,034%, возрастая на 2–4 десятитысячных процента в год. В XXI в. можно ожидать увеличения на 80% поступления CO_2 в атмосферу, поэтому отметим, что для дальнейшего сохранения биологических свойств атмосферы в ближайшем будущем необходимо обеспечить многократное увеличение растительного покрова планеты для повышения интенсификации процессов фотосинтеза (при котором под действием солнечной радиации атмосферный диоксид углерода перерабатывается в органическое вещество).

4.3. ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Глобальное влияние загрязнителей. Повышение концентрации CO_2 в атмосфере может, по мнению многих ученых, вызвать глобальные изменения климата Земли в связи с так называемым «парниковым эффектом» воздушной оболочки планеты. Сущность этого эффекта состоит в том, что слой воздуха, обогащенного CO_2 , хорошо пропускает солнечную радиацию и в то же время задерживает длинноволновое тепловое излучение Земли. Отраженный земной поверхностью солнечный свет в его инфракрасной области поглощается в тропосфере и нижних слоях стратосферы, приводя к повышению их температуры. Расчетным путем было установлено, что повышение содержания CO_2 в атмосфере уже в настоящее время должно повысить среднюю глобальную температуру воздуха у поверхности Земли на 0,3–0,4°C.

Ожидается, что за счет парникового эффекта температура воздуха к 2000 г. может увеличиться на 0,5°C. Столь незначительное, на первый взгляд, повышение температуры может вызвать, однако, относительно существенные изменения сложившихся экологических систем.

Дальнейшее изменение альбедо Земли, обеспечивающее повышение температуры воздуха на 2°C, приведет к таянию полярных льдов, подъему уровня океанов, катастрофическому затоплению больших регионов земной поверхности, а также к исчезновению многих представителей животного-растительного мира. Прогноз изменения температуры воздуха представлен на рис. 4.

Необходимо отметить, что изменение климата не ограничивается изменениями температуры воздуха, а сопровождается значительными

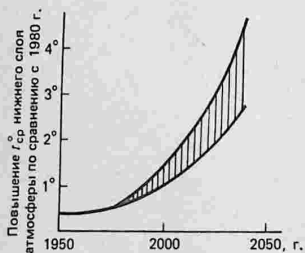


Рис. 4. Прогноз повышения температуры атмосферного воздуха

переменами режимов атмосферных осадков, что имеет практическое значение уже сейчас.

Как отмечалось, наблюдаемые изменения концентрации кислорода в атмосфере весьма невелики, однако еще раз следует подчеркнуть, что в настоящее время расход кислорода на сжигание различных топлив превышает его естественное поступление в атмосферу и не компенсируется никакими другими процессами.

Интересно отметить, что если в прошлые времена основным поставщиком кислорода в атмосферу были регионы средних широт северного полушария, то сейчас они являются основными его потребителями; в США, например, на сжигание минерального топлива расходуется в 2 раза больше кислорода, чем производится его на территории этой страны.

Считают, что при ежегодном увеличении количества сжигаемого минерального топлива на 5% критическое для жизни людей снижение содержания кислорода в атмосфере будет достигнуто через 160 лет (отметим, впрочем, что известных запасов горючих полезных ископаемых едва хватит на «выжигание» одной десятой части этого количества кислорода, так что расчеты носят, по существу, абстрактный характер).

Серьезные последствия может иметь загрязнение атмосферного воздуха упоминавшимися хлорфторметанами (фреонами и некоторыми другими родственными им газами). Фреоны во все возрастающих количествах в последние десятилетия производятся химической промышленностью (особенно в США) для изготовления различных аэрозольных упаковок, эксплуатации холодильных машин и других целей. В процессах выбросов и испарений ежегодно в атмосферу поступает около 0,8 млн. т фреонов; установлено, что в течение года их содержание в воздушной среде увеличивается почти на 10%. Подобно диоксиду углерода фреоны поглощают инфракрасные излучения, однако основные негативные последствия загрязнения атмосферного воздуха фреонами усматриваются не в проявлении парникового эффекта, а в их диссоциации в пределах стратосферы, с выделением атомов хлора*, которые вызывают каталитическое разложение озона. Таким образом, фреоны, попадая в стратосферу, могут явиться причиной разрушения озонового защитного пояса Земли.

Подсчитано, что если поступление фреонов в атмосферу будет продолжаться с такой же интенсивностью до 1995 г., то к началу следующего столетия концентрация озона в стратосфере снизится на 10%, в результате чего ультрафиолетовое излучение будет оказывать вредное влияние на живой мир.

От других изменений газообразного состава атмосферы в настоящее время не ожидается глобальных последствий; однако этого нельзя сказать относительно загрязнения атмосферы аэрозолями. Промышленные выбросы дыма, сажи и пыли увеличивают плотность атмосферы и способствуют развитию облачного покрова Земли; в частности, в

* Производные хлора попадают в стратосферу также в продуктах сгорания топлива космических ракет.

северном полушарии преимущественно на основных линиях воздушных трасс уже отмечается увеличение протяженности перистых облаков.

Наблюдаемое с 40-х годов нашего столетия снижение прямой солнечной радиации объясняют увеличением массы атмосферного аэрозоля. Запыленные слои воздуха обладают повышенной способностью отражать солнечное излучение, тепловое излучение поверхности Земли. Как первое, так и второе может влиять на климат всей планеты, притом процессы этих изменений могут протекать в противоположных направлениях — снижение интенсивности солнечной радиации может привести к снижению температуры нижних слоев атмосферы, и наоборот, проявление возможного парникового эффекта — к увеличению температуры. Отметим еще одно последствие увеличивающейся запыленности атмосферного воздуха — за последние десятилетия установлено увеличение интенсивности таяния горных вечных снегов и ледников, причиной которого служит оседающая на них пыль, снижающая способность отражать солнечную радиацию.

Резюмируя изложенное, можем отметить, что изменения в воздушной среде ноосферы в ближайшем будущем могут иметь глобальные, труднопредсказуемые последствия на условия жизни на Земле.

Локальные загрязнения атмосферы. В местах поступления в атмосферу загрязнителей антропогенного характера концентрация их может быть весьма значительной. Таким образом, в воздушной среде, преимущественно в нижних приземных слоях тропосферы, образуются очаги сильно загрязненного воздуха, оказывающие в локальных масштабах большое влияние на природную среду.

Основными источниками очаговых загрязнений атмосферы являются газопылевые выбросы предприятий химической, металлургической и машиностроительной промышленности, тепловых электростанций и транспортных машин. Эти загрязнения наиболее характерны для городов, промышленных районов и автомобильных магистралей. В воздушной среде городов с их автомобильным транспортом, промышленными предприятиями и отопительными установками концентрация различных загрязнителей достигает значительных величин.

При взаимодействии загрязнителей и кислорода воздуха под действием ультрафиолетового излучения образуется токсичный туман, называемый «фотохимическим смогом», особенно опасный для здоровья людей в период температурных инверсий.

Процесс урбанизации привел не только к увеличению количества городов, но и к росту размеров городов-гигантов и возникновению городских агломераций (слияние городов и поселков в «сверхгорода»). Загрязнение воздуха в агломерациях развитых капиталистических стран приобрело угрожающий характер. Так, в Токийской агломерации, в которой проживают 16 млн. человек, атмосферный воздух загрязняется выхлопными газами около 3 млн. автомобилей и газопылевыми выбросами 10 тыс. предприятий. На улицах японской столицы летом 1974 г. объявлялась 25 раз тревога в связи с недопустимой токсичностью воздуха, причем 2690 человек серьезно пострадали от смога (японцы называют загрязнение воздуха, воды и поверхности термином «когай»).

В декабре 1952 г. за 5 дней от лондонского смога погибло более 4000 человек. В США было установлено, что более 25% всех регистрируемых в крупных городах заболеваний являются следствием загрязнения воздуха.

Над крупными городами и агломерациями наблюдается локальное тепловое «загрязнение» атмосферы; температура городского воздуха на 1–6°C выше, причем тепловой поток распространяется на высоту в несколько километров.

Отметим, впрочем, что за последнее десятилетие в результате принятых мер загрязнение воздушной среды во многих крупных городах в известной мере снижается.

Среди городов-гигантов Москва имеет наиболее чистый воздух; город охвачен широким кольцом лесных массивов, улицы озеленены, значительные площади отведены под парковые зоны; начиная с 1979 г. существенно снизилась загрязненность воздуха, реконструированы отопительные комплексы, выведен из столицы ряд предприятий, ежегодно улавливается около 1 млн. т вредных веществ, выбрасываемых стационарными источниками.

Постоянный контроль за качеством воздуха установлен почти в 500 городах Советского Союза. Это обеспечило принятие оперативных мер, стабилизацию качества атмосферы и сокращение загрязнений воздушной среды пылью, сернистым газом, сероводородом и другими вредными веществами более чем в 300 городах.

В настоящее время самой загрязненной столицей Европы считаются Афины, высокая концентрация загрязнителей в воздухе этого города не только опасна для здоровья людей, но служит причиной интенсивного разрушения памятников античной архитектуры.

В Азии наиболее загрязненным является воздух над индустриальным центром Китая — Шанхаем: в этом городе огромное количество фабрик, не имеющих газоочистных устройств, ежегодно выбрасывают в воздух миллионы тонн угольной пыли, сажи и диоксида серы SO_2 . На американском континенте крайне загрязнен воздух в Мехико и Лос-Анджелесе: в большом Мехико 130 тыс. предприятий и 2 млн. автомашин выбрасывают в воздушную среду ежедневно 5,5 тыс. т ядовитых газов; в Лос-Анджелесе печальной известности «калифорнийский смог» формируется в основном от выхлопных газов 5 млн. автомашин.

Интенсивность запыления воздуха городов может быть охарактеризована косвенно следующими цифрами: если в 100–150 км от города оседание пыли составляет 5–15 кг на 1 км² в сутки, то на территории городов она увеличивается до 500–1500 кг.

В промышленных газопылевых выбросах в атмосферу поступает значительное количество различных загрязнителей в виде CO_2 и угарного газа CO , углеводородов, соединений серы и азота, большой группы металлов и других веществ, влияющих на здоровье людей и растительность.

Приблизительные данные о количестве газообразных выбросов в атмосферу по отраслям промышленного производства представлены ниже:

Отрасли промышленности	Процент от общей эмиссии
Теплоэлектростанции	43,0
Черная металлургия	14,7
Нефтяная промышленность	10,8
Цветная металлургия	8,4
Прочие	23,1

Загрязнение воздуха сопровождается образованием устойчивых аномалий загрязнителей в почвах, воде и растениях. Параметры очагов загрязнений весьма различны, так, например, в Канаде вокруг металлургического комплекса Садбери, в воздушных выбросах которого содержится значительное количество сернистого газа, вся растительность уничтожена на площади 60 км².

Вокруг коксогазовых заводов и ТЭЦ, в частности, формируются геохимические аномалии с радиусами 8—15 км. Эти аномалии наблюдаются и вдоль автомобильных дорог с интенсивным движением; почвы придорожных территорий загрязняются свинцом, содержащимся в выхлопных газах автомашин (Венским институтом гигиены при анализе почв в районах автобанов было установлено, что содержание свинца в них за два года в середине 70-х годов увеличилось в среднем с 30 до 100 мг).

Влияние загрязнения воздушной среды не ограничивается территорией расположения источников газопылевых выбросов, а во многих случаях распространяется на большие расстояния, пересекая нередко межгосударственные границы. Так, например, из северо-восточной части США газопылевые промышленные выбросы (преимущественно химических производств и ТЭЦ) распространяются на огромные территории Канады. Считают, что в воздушное пространство южных районов Канады ежегодно попадает до 3 млн. т ядовитых летучих отходов американского производства. «Кислотные» дожди, образующиеся при охлаждении воздушных масс, загрязненных SO₂, являются причиной многочисленных заболеваний канадцев и деградации фауны и флоры. Однако уже в течение нескольких лет предъявляемые к США требования прекратить загрязнение неба над Канадой остаются без внимания.

Токсичные газопылевые выбросы предприятий центральной части Великобритании, Рурского бассейна и промышленных районов других стран европейского континента достигают Скандинавских стран, и кислотные дожди вызывают (особенно в южной части Норвегии) деградацию лесного покрова на обширных территориях, а в последнее время — и гибель рыб в многочисленных озерах.

Предельно-допустимые концентрации загрязнителей. В СССР и других социалистических странах нормированы предельно допустимые концентрации (ПДК) для основных видов загрязняющих воздушную среду веществ (поллютантов); в сокращенном виде перечень ПДК для населенных пунктов приведен в табл. 2.

Значения ПДК поллютантов, установленные в нормах разных стран, не совпадают. Так, например, в СССР среднесуточное значение ПДК (в мг/м³) на диоксид азота установлено 0,085, на нетоксичную пыль —

Таблица 2.

Вещества	ПДК, мг/м³	
	максимальная разовая	среднесуточная
Азота диоксид	0,085	0,085
Азотная кислота:		
по молекуле	0,4	0,4
по водородному иону	0,006	0,006
Аммиак	0,2	0,2
Ацетон	0,35	0,35
Бензол	1,5	0,8
Бензин (в пересчете на С)	5	1,5
Бутан	200	—
Марганец и его соединения	—	0,01
Мышьяк и его соединения	—	0,003
Нитробензол	0,008	0,008
Пыль нетоксичная	0,5	0,15
Ртуть	—	0,0003
Сажа (копоть)	0,15	0,05
Свинец и его соединения	—	0,0007
Серная кислота:		
по молекуле	0,3	0,1
по водородному иону	0,006	0,002
Сернистый ангидрид	0,5	0,05
Сероводород	0,008	0,008
Сероуглерод	0,03	0,005
Соляная кислота:		
по молекуле	0,2	0,2
по водородному иону	0,006	0,006
Углерода оксид СО	3	1
Фосфорный ангидрид	0,15	0,05
Хлор	0,1	0,03

0,15, а в Италии эти ПДК соответственно равны 0,19 и 0,3, т. е. больше чем в два раза.

При содержании в воздухе нескольких веществ их суммарная концентрация не должна быть больше единицы при расчете по формуле:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n = 1, \quad (4.1)$$

где $C_1, C_2, \dots, C_n$ — фактические концентрации загрязнителей в воздухе, мг/м³; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ — предельно допустимые концентрации загрязнителей, мг/м³.

В настоящее время осуществляется переход от практики установления ПДК к более прогрессивной системе «пределов допустимых выбросов» (ПДВ), представляющей собой контролируемый технический показатель деятельности предприятия. Предельно допустимые выбросы устанавливаются санитарными органами для каждого источника загрязнения с учетом особенностей природной среды, количества и concentra-

ции действующих производственных объектов, а также объема и структуры их выбросов.

В ГДР предприятиями за газопылевые выбросы сверхдопустимой нормы выплачиваются штрафы, размеры которых определяются следующим образом $A_{\text{ш}} = (I - I_d) T n$, где $A_{\text{ш}}$ — штраф, марки; I и I_d — соответственно фактический и допустимый выброс, кг/ч; T — продолжительность выброса; ч; n — коэффициент, учитывающий размеры выплаты за загрязнение, марки/кг.

Практикуемое в ряде случаев снижение локальных концентрации загрязнителей воздуха за счет интенсификации рассеивания компонентов выбросов ветром при сооружении сверхвысоких (до 300—500 м и более) дымовых труб является паллиативной мерой. При этом снижение местной концентрации загрязнителей достигается только за счет расширения зон загрязнений, а количество поступающих в воздушный океан загрязнителей не только не уменьшается, но даже несколько возрастает из-за увеличения продолжительности витания аэрозоля.

Сокращение промышленных выбросов в атмосферу может быть обеспечено за счет следующих основных мероприятий:

1. Концентрации производства электрической и тепловой (для городов) энергии на крупных электростанциях с совершенной технологией очистки отходящих газов от вредных компонентов и предварительным извлечением из минерального топлива нежелательных примесей (например, сульфидов из углей).

2. Совершенствование технологии промышленного производства с максимальной утилизацией паропылегазовых отходов, выбрасываемых в атмосферу, установка фильтров и других устройств, снижающих или нейтрализующих выбросы в воздушную среду.

3. Совершенствование двигателей и очистных устройств на транспортных и технологических машинах с независимыми приводами; использование более «экологичных» видов топлива.

Наряду со всем изложенным решение проблем глобального и локальных улучшений воздушной среды заключается и во всемерном увеличении зеленого покрова планеты, в восстановлении, воспроизводстве лесов, обеспечении благоприятных условий для жизнедеятельности фитопланктона в океанах; в озеленении городов, промышленных предприятий, населенных пунктов и автомобильных трасс. Однако следует отметить, что относительно недавно была установлена своеобразная ответная реакция лесного покрова на чрезмерное загрязнение воздушной среды, получившая название «вторичного загрязнения». Сущность явления заключается в том, что при высокой газопоглощительной способности леса возвращают в атмосферу некоторые загрязняющие газообразные вещества даже в виде более токсичных соединений. Так, например, растения, поглощая SO_2 , выделяют его в атмосферу с сероводородом и концентрованным сероуглеродом; при загрязнении воздушной среды аммиаком они возвращают его в атмосферу вместе с оксидами азота.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения. При значительной концентрации поллютантов в локальных участках нижних слоев тро-



посферы приобретает актуальность определение ущерба от загрязнения воздуха и экономической эффективности от мероприятий, предотвращающих это загрязнение. Экономический ущерб, представляющий собой затраты, возникающие вследствие повышенного (сверх того уровня, при котором не возникает негативных последствий) загрязнения воздушной или других сред биосферы, определяется в соответствии со следующей схемой (схема 5).

Как уже отмечалось, загрязненная воздушная среда может отрицательно воздействовать на «реципиентов» (людей, промышленные, транспортные и жилищно-коммунальные объекты, сельскохозяйственные угодья, леса, водоемы и т. п.). Эти отрицательные воздействия проявляются в основном в повышении заболеваемости людей и ухудшении их жизненных условий, в снижении продуктивности биологических природных ресурсов, ускорении износа зданий, сооружений и оборудования. В связи с изложенным можно выделить следующие группы затрат: затраты, направленные на предотвращение вредного воздействия загрязненной воздушной среды на реципиентов, и затраты, вызываемые этим воздействием.

К первой группе относятся затраты на перемещение реципиентов за пределы зон локальных загрязнений атмосферы, на озеленение санитарно-защитных зон, на сооружение и эксплуатацию систем очистки воздуха, поступающего в жилые помещения. Затраты, отнесенные ко второй группе, включают расходы на медицинское обслуживание заболевших от загрязненного воздуха, оплату бюллетеней, компенсацию потерь продукции из-за повышения заболеваемости; на дополнительные расходы по восстановлению зданий, сооружений и оборудования; на компенсацию снижения продуктивности биологических земельных и водных ресурсов. При расчете экономического ущерба от локальных загрязнений воздушной среды суммируются все виды ущербов, наносимых реципиентам; наибольшую сложность представляет количественная оценка изменений состояния реципиентов под влиянием загрязненного воздуха.

Экономическая эффективность от мероприятий, предупреждающих локальное загрязнение воздушной среды «Э₃», может быть определена по следующему выражению:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{U} + \mathcal{D} - \mathcal{Z}, \quad (4.2)$$

где $У$ — размеры предотвращаемого годового ущерба от загрязнения воздушной среды, руб.; $Д$ — годовой дополнительный доход от улучшения производственных результатов деятельности предприятия при реализации противозагрязняющих воздух мероприятий, включая рентабельную утилизацию поллютантов (для горных предприятий, в частности метана), руб.; $З$ — приведенные затраты на предотвращение или снижение загрязнения воздушной среды, руб. Отметим, что при $З \geq У + Д$ противозагрязняющие мероприятия становятся экономически неэффективными, однако они могут быть социально оправданными.

4.4. ДИРЕКТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОХРАНЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

В июне 1980 г. был принят Закон Союза Советских Социалистических Республик «Об охране атмосферного воздуха», в соответствии с которым регламентируется весь комплекс технических, социальных и экономических мероприятий в нашей стране, направленных на предупреждение и устранение загрязнений воздушной среды. В соответствии с этим Законом к общегосударственным функциям относятся: определение общих мероприятий, установление основных положений и разработка общесоюзных планов в области охраны атмосферного воздуха, установление нормативов ПДК и порядка их разработки и утверждения, установление единой системы государственного учета и контроля за вредными воздействиями на атмосферный воздух.

Планирование мероприятий по охране атмосферного воздуха предусматривается в государственных планах экономического и социального развития. Меры охраны атмосферного воздуха включают ограничения в области не только загрязнений, но и вредных физических воздействий на воздушную среду (звуковых колебаний, включая шум, излучения и т. п.).

Регулирование выбросов вещества в атмосферу стационарными источниками загрязнения в области охраны атмосферы осуществляет Совет Министров СССР и Советы Министров союзных и автономных республик, исполнительные комитеты Советов народных депутатов и специально уполномоченные на то государственные органы.

Регулирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автомобилями, самолетами, другими передвижными средствами и установками производится министерствами, государственными комитетами и ведомствами, а также учреждениями и организациями, осуществляющими проектирование и эксплуатацию перечисленного оборудования.

Все транспортные и иные передвижные средства и установки, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться контролю за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ; предприятия должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязнителей.

При планировании размещения и развития городов и других

населенных пунктов должны учитываться состояние атмосферного воздуха и прогноз его изменений.

В статье 17 Закона изложены требования по охране атмосферного воздуха при добыче полезных ископаемых, размещению и эксплуатации терриконов и отвалов. В соответствии с этой статьей горные работы, включая взрывные, а также размещение и эксплуатация терриконов и других отвалов, «должны производиться с соблюдением правил по предотвращению или сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, а также другими органами в соответствии с законодательством Союза ССР и союзных республик». Законом запрещается размещение в населенных пунктах терриконов и отвалов, «являющихся источниками загрязнений атмосферного воздуха пылью, вредными газообразными и дурнопахнущими веществами». Отметим, что в одной из статей этого закона предусмотрено, что потребление воздуха для производственных нужд может быть ограничено, приостановлено или запрещено организациями, осуществляющими контроль за охраной атмосферы, в случае, когда оно «приводит к изменениям состояния атмосферного воздуха, оказывающим вредное воздействие на здоровье людей, растительный и животный мир». В тех случаях, когда при неблагоприятном сочетании метеорологических факторов и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в отдельных районах возникает угроза здоровью людей, Советы народных депутатов на основании сообщений контрольных органов «переводят в установленном порядке на специальный режим работы или временно приостанавливают работу предприятий» и принимают другие неотложные меры.

Государственный контроль за охраной атмосферного воздуха осуществляется Советами народных депутатов, ведомственный контроль — органами, в ведении которых находятся предприятия и организации.

Лица, виновные в нарушении закона «Об охране атмосферного воздуха» и невыполнении предписаний органов государственного контроля за охраной природной среды, несут уголовную, административную или иную ответственность в соответствии с законодательством Союза ССР и союзных республик.

В ГДР в упоминавшемся законе об охране природы записано: «Воздух, как необходимое условие жизни и производственной деятельности общества, а также важная предпосылка для сохранения здоровья граждан и улучшения их условий труда и жизни должен сохраняться в своем естественном составе как можно тщательнее». Это требование осуществляется предприятиями совместно с местными народными представительствами, органами власти и общественными организациями. Значение предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе устанавливается в зависимости от времени воздействия: кратковременное значение ($ПДК_k$) и постоянное значение ($ПДК_n$). Большую роль для снижения загрязнений воздушной среды играет система штрафов за выброс в атмосферу сверх допустимой нормы газопылевых загрязнителей, о которых шла речь раньше.

4.5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

Разведка месторождений полезных ископаемых не сопровождается существенным загрязнением воздушной среды. Основными загрязнителями здесь являются выхлопные газы транспортных, технологических и энергетических машин. Из транспортных машин, широко используемых при производстве геологоразведочных работ, отметим автомобили, тракторы, вездеходы, вертолеты, самолеты и катера; комплекс технологических машин представляется различными буровыми установками, экскаваторами, бульдозерами, геофизическими установками, самоходными скреперами и автопогрузчиками; к энергетическим машинам относятся передвижные и стационарные тепловые электрические станции, компрессоры, индивидуальные приводы подъемных установок, вентиляторов, насосов, радиостанций и т. п.

Основные вещества в выхлопных газах двигателей, загрязняющие атмосферный воздух, — оксиды углерода (CO_2 и CO) и азота, углеводороды, сернистые газы, альдегиды. При работе дизельных двигателей, кроме того, в воздушную среду поступает значительное количество аэрозоля в виде саж и копоти; выхлопные газы бензиновых двигателей содержат свинец, хлор, бром, а иногда и фосфор.

Хотя количество двигателей, эксплуатируемых в геологоразведочных организациях, значительно, концентрация их невелика, и в данной ситуации не возникает более или менее заметных локальных загрязнений атмосферы, характерных для промышленных предприятий и автомагистралей. Тем не менее фоновое загрязнение воздушной среды в месте производства работ все же возрастает.

Газопылевые выбросы в атмосферу имеют место при производстве взрывных работ в процессах проходки горных выработок, строительства дорог и сейсморазведки. Поступление загрязнителей в воздушную среду при перечисленных работах носит не непрерывный, а периодический характер, притом достаточно большие одновременные выбросы происходят при взрывной отбойке пород, осуществляемой в забоях открытых горных выработок. В настоящее время, когда проходка разведочных канав взрывом на выброс разрешается только в исключительных случаях, значительные поступления газовых загрязнителей наблюдаются практически только при совмещении разведочных и добычных работ на разведочно-эксплуатационных предприятиях (РЭП), к которым фактически относятся геологоразведочные организации ВПО Союзкварцсамоцветы, ведущие разведку месторождений кристаллосырья. При сооружении дорожных трасс геологоразведочных партий взрывные работы проводятся для формирования дорожного полотна (полувыемок и полунасыпей) на склонах гор.

Поступление в воздушную среду минеральной пыли интенсифицируется при следующих процессах: взрывного и машинного разрушения пород, эрозии пород, складированных на поверхности в отвалах, бурении скважин без промывки, эксплуатации грунтовых дорог, а также посадочных площадок вертодромов и аэродромов, не имеющих травяных покрытий.

Процессы загрязнения атмосферы воздухом, поступающим из

подземных или открытых выработок, а также при эрозии породных отвалов рассматриваются в последующих разделах книги (4.6 и 4.7), так как они протекают идентично при горноразведочных и горно-эксплуатационных работах, но более масштабны, а следовательно, и более значимы именно при последних.

Поступление в атмосферу пыли при других процессах геологоразведочных работ столь незначительно, что его не принимают во внимание. Только в некоторых случаях целесообразно на отдельных участках земной поверхности предотвращать или ограничивать пылеобразование с использованием простейших мероприятий пылеулавливания, поливки, озеленения и пр.

4.6 ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

По сравнению с горноразведочными работами подземная разработка месторождений сопровождается значительно большей интенсивностью загрязнения атмосферного воздуха. Основными источниками загрязнения являются газопылевые «выбросы»* из подземных горных выработок, газопылевые выделения из породных отвалов и складов полезных ископаемых. В данном случае под выбросом понимается поступление в атмосферу из подземных горных выработок рудничного (шахтного) воздуха**, масса этого воздуха может быть весьма значительной, а концентрации в нем «загрязнителей» обычно не столь велики.

Рудничный воздух представляет собой смесь атмосферного воздуха с различными газообразными примесями, выделяемыми из пород, полезных ископаемых или шахтных вод (например, CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S и др.), образуемыми при взрывных работах и в ряде других процессов (CO_2 , CO , SO_2 , H_2S , NO_2 и др.). Он содержит меньше кислорода вследствие окисления пород и древесины, работы двигателей внутреннего сгорания, горения, взрывных работ и пр. (минимальное содержание кислорода в рудничном воздухе по правилам безопасности не должно быть менее 20%). Рудничный воздух характеризуется повышенной пыленностью. Осуществляемые в горных выработках мероприятия по обеспыливанию и пылеподавлению снижают концентрацию пыли, однако она остается значительно выше ПДК для атмосферного воздуха — $0,15 \text{ мг/м}^3$ (в соответствии с нормативами содержание в рудничном воздухе пыли в зависимости от ее токсичности допускается от 1 до 10 мг/м^3).

Считают, что в атмосферу Земли из подземных горных выработок шахт и рудников ежегодно поступает около 0,2 млн. т. пыли. При внезапных выбросах газа или в аварийных ситуациях (взрывах метана или пыли, подземных пожарах) концентрация газообразных при-

* Термин «выброс» применительно к горным предприятиям взят в кавычки, чтобы подчеркнуть некоторых отличительные особенности этого понятия от общепринятого для промышленных производств.

** Рудничным воздухом, как известно, называют атмосферный воздух, поступивший в подземные выработки с земной поверхности и претерпевший в них ряд физико-химических изменений.

Таблица 3

Показатели	Угольные бассейны						Месторождения			Итого
	Донецкий	Кузнецкий	Карагадинский	Печорский	Львовско-Волынский	Полесковский	Урала	Дальнего Востока	Прочие	
Количество шахт, шт.	364	78	29	21	21	47	39	33	69	701
Количество метана, млн. м³/г	3870	680	950	535	112	—	38	44	11	6240
Количество диоксида углерода, млн. м³/г	1200	970	140	30	20	730	57	58	95	3300

месей в выдаваемом на поверхность рудничном воздухе многократно возрастает.

С учетом всего изложенного следует констатировать, что рудничный воздух, выдаваемый на поверхность, загрязняет атмосферную среду. Количество этого своеобразного загрязнителя велико, так по произведенным расчетам добыча в 1976 г. 2025 млн. т в год угля в 4033 шахтах различных стран мира сопровождалась выделением около 27 млрд. м³ метана и 16,8 млрд. м³ диоксида углерода.

Естественно, что наиболее интенсивное загрязнение атмосферного воздуха наблюдается при подземной разработке угольных месторождений на высококатегорных шахтах по газообильности; в табл. 3 приведены данные о масштабах газовых выбросов в атмосферу на угольных шахтах СССР за 1977—1978 гг.

Помимо этого следует иметь в виду, что некоторое количество метана и диоксида углерода при дегазации пластов угля и газоносных пород, являющейся следствием изменения напряженного состояния массива в процессе очистных работ, мигрирует по трещинам к земной поверхности, непосредственно загрязняя таким образом атмосферный воздух.

При подземной разработке рудных и нерудных месторождений газовая составляющая выбросов значительно меньше, она преимущественно представлена газообразными продуктами взрывов, производимых в очистных выработках при современных высокопроизводительных системах с массовой отбойкой полезных ископаемых. После массовых взрывов резко увеличивается и содержание пыли в выдаваемом на поверхность рудничном воздухе, превышая все упоминавшиеся нормативы. Это объясняется тем, что в современной технологии очистных работ при массовой взрывной отбойке руд отсутствуют эффективные мероприятия по пылеподавлению. К второстепенным составляющим шахтных выбросов относятся различные газы, поступающие в подземные горные выработки из породных массивов, и выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания транспортных и

технологических машин (оксид углерода CO , оксиды азота, акролеин, дымовые газы).

В процессе строительства шахт, неопасных по газу, а также при ведении разведки месторождений подземными горными выработками загрязнение атмосферного воздуха относительно невелико; основные вредные компоненты, выдаваемые на поверхность рудничного воздуха, — это газообразные продукты взрыва.

Рудничный воздух в атмосферу поступает по стволам шахт, штольням, шурфам и вентиляционным скважинам большого диаметра. Наряду с этим, как отмечалось, выделяемые при дегазации угольных пластов и перекрывающих их газоносных породных массивов метан и диоксид углерода могут поступать в атмосферу в различных местах земной поверхности; эти поступления загрязнителей иногда (по нашему мнению, не совсем удачно) называют «неорганизованными», или «рассредоточенными». Каналами, по которым эти газы мигрируют на поверхность, могут быть трещины в породах, имеющие тектонический характер или образующиеся вследствие подработки породных массивов; различные неэксплуатируемые вертикальные, горизонтальные и наклонные горные выработки и незатампонируемые скважины. Миграция происходит вследствие депрессии, теплового напора (достигающего в летнее время нескольких паскалей) и меньшей по сравнению с атмосферным воздухом плотности метана. Отметим при этом, что выделение метана из участков верхнего слоя породы, являющихся основанием для зданий, представляет опасность (по степени опасности такие участки разделяют на неопасные, угрожаемые и опасные).

К существенным по своему значению «неорганизованным» источникам пылегазовых загрязнителей атмосферного воздуха относятся также отвалы пород. При подземной разработке месторождений на поверхности земельного отвода располагаются породные отвалы конические (терриконы), хребтовые и плоские. На угольных шахтах все еще наибольшим распространением пользуются терриконы (рис. 5). Влияние их на загрязнение атмосферы столь велико, что даже в статье 17 Закона «Об охране атмосферного воздуха» (см. раздел 4.4) при изложении требований к размещению и эксплуатации терриконы отделяются от других породных отвалов. В породных отвалах уголь-

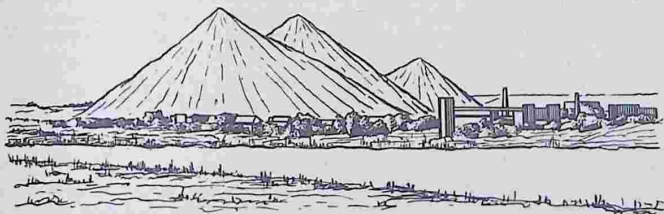


Рис. 5. Шахтные терриконы

ных шахт содержится значительное количество угля (от 5 до 20), пирита (до 10) и серы (от 5% и более).

Загрязнение воздушной среды происходит при эрозии, окислении и горении породы, особенно интенсивно протекающих в терриконах; в результате с поверхности отвалов выделяется значительное количество пыли, газообразных (в том числе ядовитых) продуктов и дыма.

Самовозгорание отвалов часто происходит на шахтах, где ведется разработка угольных пластов с выходом летучих веществ свыше 20% и содержащих более 3% серы. Интересно отметить парадоксальный на первый взгляд факт—наиболее интенсивное горение терриконов наблюдается в дождливые весенние и осенние сезоны. Это объясняется тем, что при обильном поступлении воды в породу в ней интенсифицируются процессы окисления пирита (при этом в качестве катализаторов выступают так называемые теоновые бактерии, живущие в кислой среде). Представление об изменении состава воздуха на поверхности терриконов может быть получено из данных табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Объект	Место отбора проб	Составные компоненты атмосферного воздуха, %			
		O ₂	CO ₂	CH ₄	H ₂
Негорящий отвал при температуре пород до 50°C при температуре пород 50–150°C Горящий отвал	на высоте 1 м над поверхностью отвала с поверхности отвала	20,7	0,1		
		20,5	0,1		
	с поверхности отвала на высоте 1 м над поверхностью отвала	17,2	1,5–11	1,0–1,3	0–0,6
		20,4	0,1–9,4	0,4–1,0	0–0,86

Т а б л и ц а 5

Расстояние от отвала, м	Концентрация газа, мг/м³			
	Диоксид углерода CO ₂		SO ₂	
	максимальная	средняя	максимальная	средняя
Шахта им. Ленина				
0	62,5	12,02	1,67	0,63
100	125,0	22,03	1,05	0,75
300	125,0	76,66	1,65	0,83
800	62,5	21,60	—	—
Шахта им. Артема				
0	125,0	31,4	—	—
100	125,0	43,82	—	—
300	62,5	46,25	—	—
800	60,5	30,66	—	—

Объем загрязняющих атмосферу «пожарных» газов, выделяющихся с 1 м² поверхности горящего отвала, достигает 180 м³/ч.

В табл. 5 дано содержание вредных газов в атмосфере на различных расстояниях точек замера на поверхности Земли от горящих отвалов двух шахт Донбасса.

В 60-х годах на 17600 угольных шахтах мира горело около 6800 породных отвалов (40%); в СССР за последние десятилетия количество эксплуатируемых и, в частности, горящих отвалов сокращается, так в 1965 г. оно составляло соответственно 1290 и 934, в 1979 г. — 1108 и 879. После прекращения эксплуатации отвалов поверхностные очаги горения породы довольно быстро исчезают, однако внутри отвалов горение продолжается в течение 7–12 лет.

4.7. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых обычно характеризуется более интенсивным загрязнением атмосферы, локальные, наиболее загрязненные участки которой иногда называют «надкарьерным» воздухом. Это понятие в некоторой степени аналогично понятию рудничного воздуха, выдаваемого на поверхность. Количество газопылевых загрязнителей, поступающих при открытой разработке месторождений в атмосферу, зависит от многих факторов; гидравлическая и дражная разработка при прочих равных условиях относится к наиболее «чистым»; географические, географические, технологические и организационные особенности производства горных работ существенно влияют на интенсивность загрязнения воздуха.

Массовые взрывы сопровождаются особенно большими пылегазовыми выбросами; воздушная среда загрязняется выхлопными газами мощных машин с двигателями внутреннего сгорания и может обогащаться газами, выделяемыми из полезных ископаемых и вмещающих их пород.

Загрязнение минеральной пылью. При производстве горных работ в воздушную среду поступает значительное количество минеральной пыли в процессе машинного разрушения пород, бурения скважин, взрывной отбойки, вторичного дробления, резки горных пород, погрузки, транспортировки и выгрузки их на приемных пунктах или отвалах, разрушения дорожного полотна при движении по нему транспортных машин, эрозии поверхности отвалов и откосов уступов, карьеров.

Практически всем производственным операциям горных работ, выполняемым непосредственно в карьерах и за их пределами на транспортных коммуникациях и отвалах, сопутствует пылеобразование. Так, буровзрывная отбойка пород и полезных ископаемых сопровождается интенсивным пылеобразованием. При бурении взрывных скважин шарошечным станком без пылеулавливания в воздушную среду поступает до 2200 мг/с пыли, с применением пылеуловителя циклонного типа — 60–120 мг/с, а с использованием водовоздушной и водоземulsionных смесей — 3–5 мг/с; при пневмоударном бурении с пыле-

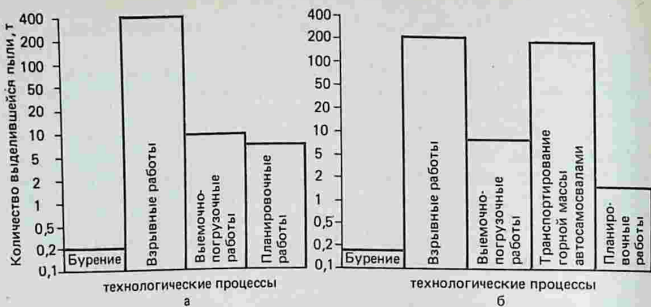


Рис. 6. Интенсивность выделения пыли при различных производственных процессах
а — на карьерах ЮГОК, б — на карьере НКГОК

улавливанием выделение пыли составляет до 30 мг/с. Буровые станки в карьерах (особенно рудных) следует отнести к практически непрерывным и интенсивным источникам пылевыведения.

Периодические исключительно мощные выбросы пыли в атмосферу происходят в процессе массовых взрывов; при средних по размерам взрывах на рудных карьерах в воздух одновременно выбрасывается на значительную высоту до 100—200 т пыли. Установлено, что на некоторых железорудных карьерах при массовых взрывах в атмосферу поступает больше пыли, чем выделяется при различных производственных процессах, осуществляемых за двухнедельный период времени между массовыми взрывами. На диаграммах, представленных на рис. 6, приводятся данные о пылевыведении на двух Криворожских карьерах.

Интенсивность пылевыведения при перфораторном бурении шпуров без промывки, осуществляемом в основном для вторичного дробления негабаритов, составляет до 190 мг/с. Погрузка сухой горной массы экскаватором (ЭКГ-4, ЭКГ-8) сопровождается выделением 500—6000 мг/с пыли, а при выемке угля роторным экскаватором оно превышает 8000 мг/с. Транспортировка горной массы в карьере и на внешние отвалы сопровождается значительным пылеобразованием, наибольшая интенсивность которого наблюдается при использовании в качестве транспортных средств автомобилей. Автомобильные дороги со щебеночно-гравийным покрытием в карьерах и особенно на отвалах — основные постоянно действующие источники пылеобразования; считают, что в некоторых карьерах на их долю приходится 70—90% всей выделяемой пыли. Интенсивность пылевыведения при автотранспорте в Криворожском бассейне на карьерах составляет 7000 мг/с, а на один самосвал приходится более 10 кг взметенной пыли в сутки.

Более или менее значительное пылеобразование происходит при

разгрузке самосвалов и думпкаров, транспортировке горной массы конвейерами, дроблении ее в дробильных установках, при работе бульдозеров на уступах и отвалах, а также при некоторых других операциях. На карьерах стройматериалов при работе камнерезных машин выделяется большое количество пыли, запыленность воздуха при этом в рабочей зоне достигает 1500 мг/м³.

При ветреной сухой погоде значительное количество пыли выделяется с эрозирующих поверхностей откосов и площадок уступов карьеров, откосов и верхних поверхностей отвалов и автодорожных трасс; осевшая в карьере пыль взмывается вторично при взрывах или ветровых порывах.

Загрязнение газообразными продуктами. Загрязнение атмосферы газообразными продуктами в процессе открытой разработки месторождений происходит в результате эксплуатации транспортных и технологических машин с двигателями внутреннего сгорания, при производстве взрывных работ и при выделениях газов из горных пород.

Эксплуатация большого количества транспортных и технологических машин с двигателями внутреннего сгорания в карьерах неизбежно приводит к загрязнению воздушной среды выхлопными газообразными продуктами. Во многих случаях это загрязнение весьма значительно в связи с высокой концентрацией этих машин и большой их мощностью. На карьерах, при автомобильной транспортировке горных пород практически непрерывно в воздушную среду выбрасываются выхлопные газы многочисленных мощных дизельных двигателей. Содержание вредных компонентов в выхлопных газах дизельных двигателей автомобилей европейского производства представлено в табл. 6.

Таблица 6

Составные части	Объемная доля, %	
	максимальное	среднее
Диоксид углерода CO ₂	13,8	9,1
Оксид углерода	7,6	0,1
Водород	2,5	0,03
Углеводороды	0,5	0,02
Оксиды азота	0,15	0,04
Оксид серы (IV)	0,03	0,02
Альдегиды	0,004	0,002

Интенсивность выделения основных вредных компонентов выхлопных газов двигателями некоторых автосамосвалов приведена в табл. 7.

В выхлопных газах дизельных двигателей содержится значительное количество сажи и дыма.

Используемые в карьерах автомобили с бензиновыми двигателями загрязняют воздушную среду не только перечисленными выше газами, но также свинцом, хлором и другими вредными веществами.

Таблица 7

Марка автомашины	Интенсивность выделения, мг/с		
	оксид углерода	оксиды азота	акролеин
КрАЗ-256	202,2	175,9	138,6
БелАЗ-540	263,9	39,1	17,9
БелАЗ-548	1156,0	1305,0	6,0

К технологическим машинам с двигателями внутреннего сгорания, эксплуатируемым при открытой разработке месторождений, относятся бульдозеры, буровые установки, тракторы, самоходные скреперы, небольшие драги, экскаваторы, краны, передвижные компрессоры и т. п. При разработке мерзлых россыпей широко распространен бульдозерный способ; вскрытие, вскрышные и добычные работы осуществляют во многих районах тысячи мощных бульдозеров.

Следует отметить, что неблагоприятные дорожные условия и резко меняемые режимы работы транспортных и технологических машин приводят к увеличению количества вредных компонентов в выхлопных газах их двигателей.

Взрывы зарядов ВВ, особенно массовые взрывы связаны с поступлением в воздушную среду не только пыли, но и значительного количества газообразных продуктов. Заряды массовых взрывов нередко достигают тысячи тонн, при этом в атмосферу выбрасывается от сотен до тысяч кубометров вредных газов. Основная масса газовых продуктов выбрасывается на значительную высоту (до 200—300 м) и распространяется за пределы контура карьера. Некоторое представление о концентрации газообразных продуктов после массового взрыва дают данные табл. 8.

Таблица 8

Место взятия проб	Объемная доля газов, %			Продолжительность снижения концентрации СО до ПДК, ч
	СО	СО ₂	NO ₂	
На уступе	0,06	0,5—0,8	следы	2—7
В траншее	0,1—0,2	0,7—1,0	«	3—14
За бортом карьера	0,05—0,08	0,3—0,5	«	2—6

Распространение газообразных продуктов и их рассеивание до ПДК происходит на довольно большие расстояния. При исследованиях, произведенных в районе Коркинского угольного карьера, было установлено, что, в то время как в воздухе карьера содержание (%) СО после массового взрыва составляло 0,006—0,008, в центре г. Коркино — 0,001—0,0015 (напомним, что предельно допустимая концентрация СО в атмосферном воздухе равна 0,0016%). При наблюдениях за про-

цессом рассеивания газопылевого облака после массового взрыва на Криворожском карьере Южного горно-обогатительного комбината (ЮГОКа) было установлено, что при скорости ветра до 2 м/с время рассеивания составило более 4 ч, причем пробы отбирались на расстояниях до 3,5 км от борта карьера с подветренной и наветренной сторон.

С учетом изложенного обратим внимание на особое значение и настоятельную необходимость установления пределов допустимых выбросов при производстве массовых взрывов. На карьерах, расположенных около населенных пунктов, количество одновременно взрывааемого ВВ должно ограничиваться рассчитываемыми ПДВ. При расчетах ПДВ следует учитывать конкретную климатическую ситуацию района. Необходимо иметь в виду, что некоторое количество газобразных продуктов взрыва сохраняется во взорванной горной массе и выделяется из нее в течение длительного времени.

Весьма большие загрязнения атмосферного воздуха наблюдаются при пожарах в угольных и серных карьерах, при этом выделяющиеся газы характеризуются высокой концентрацией вредных и ядовитых веществ (CO , H_2S , SO_2 , NO_x и др.).

4.8. МЕРОПРИЯТИЯ, СНИЖАЮЩИЕ НЕГАТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Итак, в процессах разведки и разработки месторождений в различной мере загрязняются локальные участки атмосферы. Под этими участками воздушной среды, разрастающимися вследствие рассеивания загрязнителей, изменяется состав почв и поверхностных вод; последствия изменений довольно разнообразны, но практически в большинстве случаев носят негативный характер.

Снижение загрязнения атмосферы газобразными продуктами. Для систематизации изложения мероприятий, снижающих загрязнение воздушной среды, воспользуемся следующей группировкой основных поступлений газобразных загрязнителей в атмосферу (табл. 9).

В конце раздела 4.3 среди перечня основных мероприятий по сокращению выбросов в атмосферу приводились общие соображения по снижению загрязнения воздушной среды двигателями внутреннего сгорания. Пути снижения вредности выхлопных газов в процессе эксплуатации двигателей при разведке и разработке месторождений не отличаются от изложенных.

При эксплуатации в карьерах транспортных и технологических машин с двигателями внутреннего сгорания выхлопные газы нейтрализуются до выхода их в воздушную среду путем каталитического окисления вредных компонентов. Нейтрализация обычно осуществляется с применением беспламенного каталитического дожига (окисления) при пропуске выхлопных газов через катализатор (палладий). Таким способом достаточно хорошо нейтрализуются оксид углерода, альдегиды и углеводороды. Кроме того, снижение вредных выбросов обеспечивается в результате нормализации режимов работы двигателей, достигаемой при улучшении качества транспортных трасс.

Вид работ	Основные причины загрязнения атмосферного воздуха
Геологоразведочные работы и строительство горных предприятий	Эксплуатация транспортных, технологических и энергетических машин с двигателями внутреннего сгорания Поступление в атмосферу воздуха из подземных и открытых выработок
Подземная разработка месторождений	Выдача из подземных выработок рудничного воздуха Миграция на поверхность газов, выделяющихся из массивов полезных ископаемых и пород Газовыделение и горение породной массы в отвалах
Открытая разработка месторождений	Массовые взрывы при отбойке пород и полезных ископаемых Газовыделения из массивов полезных ископаемых и пород Эксплуатация транспортных и технологических машин с двигателями внутреннего сгорания Газовыделения из породных отвалов Пожары в карьерах и на отвалах

При геологоразведочных работах целесообразно применение следующего комплекса мероприятий: более широкое использование электроэнергии от государственных и районных ЛЭП; укрупнение собственных тепловых электростанций с более совершенными приводами, реализация энергии рек и ветра; эксплуатация технологических машин и передвижных компрессоров с электроприводом, частичная замена пневматических горнопроходческих машин на электрические.

Многие из перечисленных мероприятий применимы и к работам по строительству горных предприятий. Сводятся они преимущественно к быстрейшему упорядочению и своевременному вводу мощностей энергетического хозяйства строящегося объекта.

Выхлопные газы двигателей транспортного и самоходного технологического оборудования, используемого при подземной разработке месторождений, поступают в горные выработки и выдаются на поверхность в качестве составной части рудничного воздуха. При этом процесс загрязнения им атмосферы происходит хотя и с разной интенсивностью, но практически непрерывно.

Проблема снижения загрязнения рудничным воздухом локальных участков атмосферы радикального решения до настоящего времени не имеет. Вопросы качества рудничного воздуха рассматриваются только в свете обеспечения безопасных условий труда в горных выработках. Однако необходимо отметить, что очистка рудничного воздуха может осуществляться проще, чем, например, карьерного, так как выброс загрязнителя в атмосферу осуществляется через вскрывающие выработки, устья которых могут быть оборудованы очистными устройствами. Очистка рудничного воздуха целесообразна и с точки зрения комплексного использования минерального сырья, достигаемого при утилизации загрязнителей.

Миграция метана и диоксида углерода на поверхность при производстве добычных работ весьма малоуправляемый процесс; практически совсем не поддается управлению поступление в атмосферу метана, CO_2 и «мертвого воздуха» (в составе которого почти нет кислорода) после прекращения разработки месторождения или отдельных его участков. В местах выхода на поверхность метана почвы меняются, уплотняются и приобретают серый оттенок, растительность на этих участках погибает; места выделения CO_2 и «мертвого воздуха» отличаются от соседних участков поверхности более интенсивным развитием растительного покрова.

Зоны выделения газов являются объектами систематического наблюдения, так как потенциально опасны — концентрация метана под зданиями и сооружениями может служить причиной взрывов; скопления над поверхностью CO_2 и «мертвого воздуха» опасны для жизни людей и животных.

К мероприятиям по защите от этих опасностей относятся: 1) выявление очагов выделения газов для установления границ опасных зон; 2) газоизоляция и проветривание нижних частей зданий, расположенных в угрожаемых или опасных зонах по метану; 3) дренирование газов на пути их миграции посредством скважин и пройденных ранее подземных наклонных горных выработок.

Из перечисленного следует, что в этих мероприятиях не предусматривается защита воздушной среды от загрязнения; об улавливании с целью очистки или использования дренируемых газов в настоящее время вопрос не ставится.

Процессы газовыделения из полезных ископаемых и вмещающих пород при открытой разработке имеют аналогичный характер, однако проявляются во многих случаях с большей интенсивностью в связи со значительными наклонными и горизонтальными площадями обнажения пород.

Дегазация угольных пластов посредством скважин, пробуриваемых на уступах, с утилизацией капируемого метана представляется целесообразной. Необходимо отметить, что при подземной разработке аналогичное мероприятие успешно реализуется на многих шахтах.

Мероприятия против газовыделений, происходящих из отвалов вследствие окисления пород и особенно интенсивных при возникновении очагов горения, включают в себя выбор рациональных форм отвалов (в частности, отказ от терриконов и переход на плоские отвалы), послойный порядок отсыпки пород, уплотнение верхних и боковых поверхностей отвалов и проведение рекультивационных работ.

Рассмотрим несколько подробнее один из основных способов предупреждения самовозгорания отвалов путем ограничения поступления кислорода к окисляющимся породам за счет их изоляции слоем инертного материала (почвенного слоя, глины, суглинков, песка, перегорелых дробленых пород). Повышение экономичности этих работ достигается при использовании высокопроизводительных машин и сокращении расстояний транспортировки инертного материала. Для этого в ПО «Ростовуголь» предложено применять землеройно-мета-

тельные машины. При транспортировке трактором эти машины срезают слой почвы у основания отвала; струей газов от турбореактивного двигателя порода выбрасывается на расстояние до 120 м, покрывая поверхность отвала.

Эффективным способом противопожарной профилактики и тушения пожаров на терриконах служит нагнетание в них водоизвестковой суспензии. При этом в породе создается щелочная среда, неблагоприятная для жизни уже упоминавшихся «поджигателей терриконов» — теоновых бактерий. Промышленные опыты тушения пожаров на терриконах этим способом, проведенные на ряде шахт производственного объединения «Донецкуголь», подтвердили его эффективность.

Совершенствование технологии взрывных работ и использование рациональных «малогазовых» взрывчатых веществ с нулевым кислородным балансом являются действенными мерами, обеспечивающими снижение объема газообразных выбросов в атмосферу при массовых взрывах, причем максимальное количество взрываемых ВВ должно ограничиваться предельным ПДВ. Массовые взрывы следует производить с учетом погодных условий, избегая их осуществления в период так называемых «приподнятых» инверсий и штилевых воздушных слоев.

Снижение загрязнения атмосферы минеральной пылью. Основные источники поступления минеральной пыли в атмосферу сгруппированы в табл. 10.

Большие загрязнения атмосферного воздуха минеральной пылью наблюдаются в аварийных ситуациях при пожарах в угольных и серных карьерах. Из профилактических противопожарных мероприя-

Т а б л и ц а 10

Вид работ	Основные причины загрязнения атмосферного воздуха
Геологоразведочные работы и строительство горных предприятий	Поступление в атмосферу воздуха из открытых и подземных выработок. Эксплуатация дорог, не имеющих твердого покрытия. Пылевыведение с породных отвалов
Подземная разработка месторождений	Выдача из подземных выработок рудничного воздуха. Пылевыведение с породных отвалов. Погрузочно-транспортные операции и дробление горной массы на поверхности
Открытая разработка месторождений	Эксплуатация в карьерах и на отвалах дорог, не имеющих твердого покрытия. Массовые взрывы при отбойке пород и полезных ископаемых. Бурение скважин, машинная выемка, погрузка, перевалка, дробление, транспортировка горной массы в карьерах и на отвалах. Пылевыведение с породных отвалов и откосов бортов карьеров и взметание осевшей ранее в карьере пыли

тий, осуществляемых, например, на северных карьерах Роздольского и Яворского горно-химических комбинатов, интересно отметить замену взрывной отбойки и вторичного дробления механическим рыхлением скальных вскрышных пород и пожароопасных руд тракторными рыхлителями и разрушением негабаритных кусков гидробутобоями. При этой замене и сами процессы осуществляются с меньшим загрязнением воздушной среды.

Мероприятия по пылеподавлению и пылеулавливанию, реализуемые при проведении горных работ в подземных разведочных и эксплуатационных горных выработках, обеспечивают снижение запыленности рудничного воздуха, однако, как уже отмечалось, она может быть выше предельных концентраций пыли, допустимых для атмосферного воздуха. Поэтому обеспыливание рудничного воздуха при выдаче его на поверхность представляется желательным. Может быть рекомендован процесс обеспыливания, основанный на конденсации влаги на пылинках, происходящей при подъеме по стволам шахт и снижении температуры рудничного воздуха, имеющего высокую влажность.

Снижение интенсивности пылеобразования при производстве горных работ в открытых горных выработках и на породных отвалах достигается за счет увлажнения пород, пылеподавления и пылеулавливания*.

Мероприятия по снижению запыления карьерного воздуха при транспортировке пород сводятся к снижению интенсивности пыления с перевозимых пород и пылеобразования при движении автомобильного транспорта на карьерных и отвальных дорогах. Автодороги на карьерах имеют обычно щебеночное или гравийное покрытие, а в период гололеда посыпаются шлаком; движение по ним тяжелых автосамосвалов и машин на гусеничном ходу сопровождается обильным пылеобразованием (еще менее устойчива против пылеобразования поверхность дорог на отвалах).

Уровень запыленности воздуха без применения средств борьбы с пылью на автодорогах карьеров достигает 500 мг/м^3 (при ПДК от 1 до 10 мг/м^3), причем в пылевом облаке более 90% пыли имеет размер менее 10 мкм . Получившее наибольшее распространение в карьерах гидрообеспыливание путем орошения дорог водой в большинстве случаев недостаточно эффективно, характеризуется кратковременностью действия, не экономично, применимо только в летнее время, снижает срок службы дорог. Наиболее целесообразным считается способ снижения пылевыхыделения за счет связывания пылевых фракций продуктов износа дорожных покрытий вяжущими веществами с образованием эластичного «коврика» из этих компонентов. Вяжущие вещества должны выбираться с учетом удовлетворения следующих требований: эластичное, но достаточно прочное связывание пылевых фракций износа дорожных покрытий; нетоксичность, не-

* Технология и техника обеспыливания процессов бурения скважин, разрушения и погрузки пород достаточно подробно излагается в соответствующих специальных дисциплинах, поэтому в данном учебнике на рассматриваются.

растворимость в воде, неагрессивность к резине и металлу и экономичность применения. Вяжущие вещества разливаются по дорожному полотну, поверхность которого через определенное время, необходимое для их впитывания, уплотняется при движении автомобилей. Ниже приведены характеристики некоторых пылесвязывающих веществ:

<i>Пылесвязывающее вещество</i>	<i>Удельный расход, л/м²</i>	<i>Срок обеспыливания, ч.</i>
Вода	1,0	1,5
Сульфатно-спиртовая барда	1,0	120
Хлорид кальция	1,5	240
Мазут	4,0	600
Универсин	1,0	160—330

Применение в качестве связующих веществ хлорида кальция и мазута повышает эффективность пылеподавления, однако имеет и существенные недостатки—воздействует на природную среду (загрязнение карьерной воды, выделение вредных паров). Применение сульфатно-спиртовой барды (отходов бумажно-целлюлозной промышленности) снижает интенсивность пылевыведения при щебеночном покрытии дорог на 80—89%. Универсины представляют собой химическое соединение жидких компаундированных битумов (универсин А — маловязкий, рекомендуется к использованию в условиях сухого и умеренного климата; универсин Б — «высоковязкий», для условий влажного климата и малоснежных зим). Употребление универсинов снижает интенсивность пылевыведения на 90—95%; отметим, что при этом наблюдается некоторое сокращение срока эксплуатации автомобильных покрышек. Сульфатно-спиртовая барда нашла применение на Сибайском, Гайском и Алмалыкском карьерах, универсины — на карьерах ПО «Жемеровоуголь» и «Экибастууголь».

Снижение пылевыведения с породных отвалов и откосов бортов карьеров, происходящего, как отмечалось, вследствие интенсивной ветровой эрозии пород, сводится к выбору более эрозийно устойчивых форм породных отвалов, упрочению откосов нерабочих бортов карьеров и производству рекультивационных работ.

Наиболее интенсивной ветровой эрозии подвергаются боковые поверхности отвалов, поэтому снижение пылевыведений может быть достигнуто при сокращении площадей боковых поверхностей отвалов. Невысокие отвалы правильных геометрических форм — усеченного конуса, усеченной пирамиды или обелиска (см. гл. 6) — при прочих равных условиях характеризуются наибольшей эрозийной устойчивостью. При расположении отвала на земельных отводах целесообразно учитывать направление господствующих ветров. Пылевыведение с отвалов и нерабочих откосов бортов карьеров может быть в до-рекультивационный период значительно снижено за счет обработки наиболее эрозирующих поверхностей пылесвязывающими растворами и эмульсиями, а также при осуществлении гидропосева многолетних трав. Мероприятия, предотвращающие взметание пыли, осевшей на поверхности уступов и траншей карьера, сводятся к периодическому орошению этих поверхностей.

Недопущение пожаров терриконов также обеспечивает существенное снижение пылеобразования (в очагах горения при высоких температурах происходит интенсивное разрушение кусков породы до размеров пылевых частиц; в процессе горения наблюдаются местные обрушения боковых поверхностей отвала, сопровождающиеся дополнительными выбросами пыли в атмосферу).

Снижение пылевыделения в процессе массовых взрывов на карьерах может быть достигнуто путем совершенствования технологии взрывной отбойки, обеспечивающего сокращение выхода переизмельченных пылевых фракций отбиваемых пород и полезных ископаемых, а также за счет предварительного увлажнения породных массивов. Для обеспыливания процесса взрывной отбойки применяется внутренняя или внешняя забойка скважин. Перспективным представляется использование гидрогеля для забойки скважинных зарядов (гидрогель кремниевой кислоты — студенистообразная масса, содержащая до 80—90% воды). Промышленные испытания, проведенные на карьерах Кривого Рога, доказали высокую эффективность гидрогелевой забойки не только для снижения пылеобразования, но и для уменьшения количества выделяемых при массовых взрывах ядовитых газов.

Действенным средством гидрообеспыливания является также вентиляторное или гидромониторное формирование водовоздушного облака.

Существенное значение на процесс пылеподавления (осаждение пыли) имеют метеорологические условия — массовые взрывы целесообразно подготавливать с учетом прогноза погоды и приурочивать ко времени дождя или снегопада; перед взрывом возможно искусственное осадкообразование. Интенсивность пылевыделения при машинной выемке, рыхлении, погрузке, перевалке, транспортировке и дроблении пород, осуществляемых в открытых горных выработках или на поверхности (включая внешние отвалы), снижается с помощью увлажнения массивов или развалов пород, орошения с применением растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). Локализация очагов пылевыделения, в частности с использованием воздушно-механических пен, возможна при применении пылеулавливающих устройств, например на стационарных (или передвижных) дробилках и конвейерах.

Трубопроводный транспорт угля в виде водоугольной смеси обладает рядом существенных преимуществ, в том числе характеризуется отсутствием загрязнения воздушной среды. Гидротранспортные магистрали между угледобывающими предприятиями и потребителями (например, ТЭС) имеют протяженность в десятки километров. В настоящее время выполнены исследования в области создания разветвленных гидротранспортных магистралей для транспортировки угля Кузнецкого бассейна на Урал, в центральные и другие районы страны (при этом установлено, что для грузопотоков более 40 млн. т в год этот вид транспорта является наиболее целесообразным).

Представляет несомненный интерес опыт использования на некоторых щебеночных и гравийных карьерах для транспортировки полезных ископаемых трубопроводного пневмоконтейнерного транспорта,

не загрязняющего атмосферу ни пылью, ни газообразными продуктами и даже названного поэтому «гигиеническим». Одни из первых таких транспортных установок эксплуатируются на щебеночном карьере в Грузии, на Сычевском гравийном карьере под Волоколамском; проектируются трубопроводные контейнерные системы для транспортировки песка и руд.

При многочисленных и различных источниках пылеобразования в карьерах эффективная борьба за снижение запыленности воздуха применима только при комплексном решении этой проблемы.

В качестве примера приведем предложенный несколько лет тому назад Уральским научно-исследовательским и проектным институтом «Унипромедь» комплекс мероприятий и технических противопылевых средств для карьеров (табл. 11).

Таблица 11

Процессы	Мероприятия и технические средства
Обеспыливание шарошечного бурения взрывных скважин	Использование различных пылеулавливающих систем; воздушно-водяное пылеподавление
Обеспыливание вторичного дробления	Замена взрывного вторичного дробления механическим дроблением падающим грузом с использованием кранов типа К-255 — «Крановый бутобой»
Гидрообеспыливание при других технологических процессах	Орошение экскавируемой породы и дорог универсальными передвижными гидроустановками ГПУ-1, монтируемыми на базе автомобиля БелАЗ-540 Орошение горной массы при перегрузке из самосвалов в железнодорожные думпкары и на поверхностных пунктах перегрузки с использованием стационарных установок УО-1
Обеспыливание карьерных автомобильных дорог	Пропитка и поверхностная обработка покрытия дорог эмульсиями с использованием машин специальной конструкции на базе автомобиля МАЗ-525

Внедрение комплекса этих мероприятий на ряде карьеров Министерства цветной металлургии СССР обеспечило существенное снижение запыленности атмосферного воздуха.

4.9. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СМЕЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Под смежными производствами понимаются предприятия, технологически непосредственно связанные с разведкой или разработкой месторождений полезных ископаемых, объединенные с ними единым административным управлением и осуществляющие подготовку к переработке или первичную переработку добываемого минерального сырья для доведения его до установленных кондиций, или вырабатывающие электроэнергию.

В геологоразведочных экспедициях количество смежных производств (цехов) относительно невелико, это в основном дробильные, дробильно-сортировочные или камнерезные цеха для переработки попутно

добываемого минерального сырья, а также стационарные электростанции. На горных предприятиях к смежным производствам относятся обогатительные и брикетные фабрики, цеха и заводы по переработке таких полезных ископаемых, как соли, строительные материалы и др., а также в некоторых случаях тепловые электростанции.

Эксплуатация смежных производств сопровождается тем или иным загрязнением природной (в частности, воздушной) среды. Мероприятия защиты от этих загрязнений (во многих случаях специфичные) реализуются или обособлено, или в комплексе с мероприятиями, осуществляемыми на основном производстве.

Загрязнение воздушной среды смежными производствами геологоразведочных экспедиций связано с процессами дробления и распиловки горных пород и минералов. В одной из геологоразведочных экспедиций ВПО «Союзкварцсамоцветы» через вентиляционный отводящий канал дробильно-сортировочного цеха, перерабатывающего жильный кварц, в атмосферу выбрасывается столь значительное количество мелкодисперсной кварцевой пыли, что вокруг места выброса наблюдается деградация растительности, особенно заметная на лесном покрове.

Среди смежных предприятий шахт, рудников и карьеров наиболее интенсивным загрязнением воздушной среды характеризуются углебрикетные и обогатительные фабрики. Так, например, брикетные фабрики Министерства угольной промышленности СССР ежегодно выбрасывают в атмосферу до 35 млрд. м³ загрязненного воздуха, содержащего более 30 тыс. т. угольной пыли, а в газопылевых выбросах углеобогатительных фабрик, объем которых определяют в 100 млрд. м³, содержится около 35 тыс. т угольной пыли и 3,5 тыс. т сернистого ангидрида (SO₂).

На брикетных фабриках ГДР выброс в атмосферу угольной пыли составляет 0,3—0,6% от массы брикетируемого угля.

Интенсивное загрязнение воздуха минеральной пылью на брикетных и обогатительных фабриках наблюдается при подготовительных операциях (приеме и транспортировке руд и углей), при технологических процессах грохочения, дробления и измельчения, классификации, сушки, охлаждения и прессования. На агломерационных фабриках и на коксохимических заводах из технологических установок в атмосферу поступает большое количество газов и паров. Значительными выбросами соляной пыли и газообразных продуктов (в основном хлорида водорода и диоксида серы) характеризуются производства по переработке соли на калийных рудниках. На цементных и известковых заводах процессы дробления, измельчения и особенно обжига минерального сырья также сопровождаются обильным пылеобразованием.

Мероприятия по защите атмосферы от загрязнения заключаются обычно в трехступенчатой очистке воздуха от пыли и двух-, трехступенчатой газоочистке. Огромное значение при этом имеет совершенствование технологии производственных процессов и технических средств пылеулавливания и газоочистки.

Пылегазовые загрязнители поступают в атмосферу в составе ды-

мовых газов котельных и теплоэлектростанций. При относительно небольших мощностях электростанций, принадлежащих геологоразведочным экспедициям и горным предприятиям, возможности эффективной очистки дымовых газов от пылегазовых загрязнителей ограничены.

Таким образом, снижение пылевых и газовых выбросов при эксплуатации смежных производств достигается за счет совершенствования технологических процессов, методов пылеподавления, обеспыливания и газоочистки загрязненного воздуха с использованием различных фильтров, циклонов и электроочистных установок.

4.10. ЗАЩИТА ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПРЕДПРИЯТИЯМ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Несмотря на мероприятия, направленные на снижение количества пылегазовых загрязнителей, поступление их в атмосферу вследствие разработки месторождений остается весьма значительным.

Процесс рассеивания в атмосфере газообразных загрязнителей относительно кратковременный, и поэтому интенсивность и масштабы их воздействия на окружающую территорию, как правило, невелики. Характеристика пылевых загрязнителей воздуха в этом отношении несколько иная — минеральная пыль, оседая на земную и водную поверхность, меняет биологические свойства почв и вод; более интенсивно, чем газообразные загрязнители, влияет на растительный покров и эстетику ландшафтов в окрестностях горных предприятий (особенно карьеров). В результате оседания минеральной пыли снижается плодородие почв за счет «разубоживания» гумусового слоя, изменения кислотности и структуры; нарушается газовый обмен веществ и жизнедеятельность почвенной флоры и фауны.

Мероприятия по защите прилегающих участков земной поверхности от воздействия пылегазовых загрязнителей или снижения ущерба от загрязнения носят превентивный характер. При этом основное значение имеет выбор оптимального взаиморасположения объектов, подлежащих защите от воздействия загрязнений и главных источников пылегазовых выбросов (устьев вентиляционных выработок, карьеров, породных отвалов и смежных производств).

В процессе проектирования горных предприятий этот выбор производится на основе прогнозирования наиболее вероятных и преобладающих направлений и параметров распространения масс загрязненного воздуха в приземном пространстве атмосферы с учетом климатологических и метеорологических характеристик района, а также топографии и освоенности прилегающих территорий. Около действующих горных предприятий, у которых уже сформировался комплекс источников загрязнения атмосферы, компоновка населенных районов и промышленных производств в процессе их развития должна осуществляться на основе установления опасных сфер влияния этих источников.

При подземной разработке месторождений в первую очередь должно учитываться расположение терриконов или отвалов других форм,



Рис. 7. Расположение жилых комплексов на склонах Чарской долины

а также вентиляционных выработок при открытой разработке месторождений — расположение карьеров и внешних отвалов вскрышных пород. Параметры сфер влияния источников загрязнения атмосферы необходимо выбирать, исходя из экстремальных условий (например, для горящих терриконов или для наиболее неблагоприятной метеорологической обстановки). Отметим, что сухая и ветреная погода способствует интенсификации процессов поступления и перемещения в приземных слоях атмосферы пылегазовых загрязнителей; в периоды температурных инверсий* застойные явления в воздушной среде замедляют процессы рассеивания и снижения концентрации загрязнителей.

В глубоких карьерах, вследствие интенсивного газовыделения и пылеобразования, при определенных метеорологических условиях концентрация загрязнителей воздуха становится недопустимой и в отдельных случаях, несмотря на предпринимаемые технические меры (в частности, искусственное проветривание), из-за «карьерного» смога горные работы прекращаются на более или менее длительное время. Подобные ситуации имели место на целом ряде карьеров (Асбестовском, Коркинском, Гороблагодатском, Сарбаевском, Соколовском, Аксайском, Зыряновском и др.). Борьба с карьерными смогами особенно затруднена в периоды температурных инверсий, при этом зона загрязненного воздуха постепенно распространяется в безветренную погоду над обширными площадями прикарьерной территории. Особенно часты температурные инверсии в зимнее время в районах Сибири; в эти периоды повышение температуры воздуха нередко превышает 2 градуса на каждые 100 м.

Интересно решение по размещению жилых комплексов горно-обогатительного комбината на Удаканском медном месторождении, которое располагается в Чарской котловине (в районе БАМа) (рис. 7).

* Инверсия — возрастание температуры в атмосфере снизу вверх вместо обычного убывания.

В правой части рисунка приведена шкала температурных изменений, вызываемых зимними инверсиями (от -25°C над доминирующей поверхностью перед горными хребтами до -38°C на дне котловины). На дне котловины будет сооружаться карьер, обогатительная фабрика и, возможно, медеплавильный завод, а все жилые комплексы будут возводиться на склонах на высоте 700—1000 м над дном котловины, где проходит верхняя граница инверсий. Таким образом, карьерный смог и газопылевые выбросы обогатительной фабрики и завода в периоды инверсий не будут достигать жилых комплексов.

Распространению пылегазовых загрязнителей в приземном слое атмосферы препятствует растительный покров. При исследованиях, выполненных в городских условиях, установлено, что на деревьях, кустах и траве оседает до 72% витающей в нижнем воздушном слое пыли и до 60% сернистого газа. Чем больше у деревьев и кустарников поверхность листьев, тем выше их пылезащитные свойства, причем, последние проявляются даже и в зимнее время. Летом в жаркие дни над зелеными насаждениями, имеющими относительно прохладную листовую крону, возникают нисходящие токи воздуха, которые интенсифицируют процесс оседания пыли. Защитные зеленые зоны создаются вокруг источников пылевых и газовых выбросов.

Около открытых складов полезного ископаемого на рудниках и карьерах, являющихся очагами интенсивного пылеобразования при разгрузочно-погрузочных работах, сооружаются «противопылевые» ограды — массивные железобетонные стены, высота которых достигает 10 м. Взамен этих стен в ряде случаев предпочтительнее располагать вдоль складов защитные зеленые полосы.

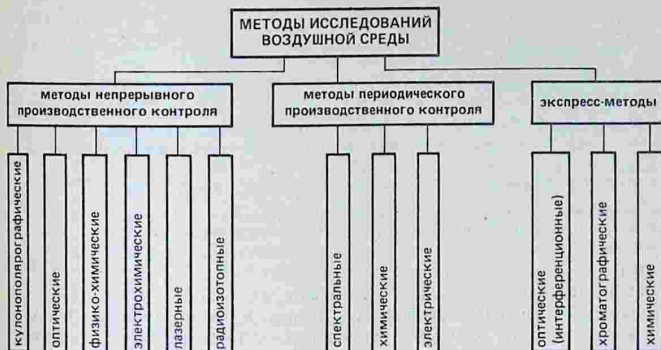
Создание сплошных обширных защитных насаждений деревьев и кустарников целесообразно между источниками загрязнения и охраняемыми объектами.

Работы по озеленению при создании санитарно-защитных зон должны проводиться планомерно по проектам, составляемым с учетом комплекса географических и метеорологических факторов и с необходимым для роста растений опережением по отношению к началу функционирования того или иного источника загрязнения воздушной среды.

4.11. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Локальные изменения качества воздушной среды могут оказывать, как отмечалось выше, вредное влияние на реципиентов. При значительном количестве загрязнителей, поступающих в атмосферный воздух, организуется контроль за «выбросами», на основе данных которого осуществляется совершенствование технологии производственных процессов или вводятся соответствующие ограничения. В наибольшей степени этот контроль должен производиться при открытой разработке месторождений.

Методы контроля качества воздушной среды целесообразно разделить на следующие группы: методы непрерывного производственного



контроля, методы периодического контроля, экспресс-методы. При этом в каждой группе методов выделяются подгруппы по технологическим принципам выполнения исследований (схема 6). Методы непрерывного контроля с автоматической регистрацией исследуемых величин наиболее совершенны; позволяют получить достаточно полную характеристику очага загрязнения. Периодический контроль обеспечивает получение характеристики загрязнения атмосферного воздуха через определенные отрезки времени, устанавливаемые соответствующим графиком и увязываемые или с циклами производственных процессов или сезонными изменениями ситуации. При периодическом контроле атмосферного воздуха анализ проб обычно производится в лабораторных условиях. Пользование экспресс-методами контроля воздушной среды обычно приурочивается к экстремальным условиям (производство массового взрыва, температурная инверсия и пр.), к проведению экспериментальных работ по эффективности защиты атмосферного воздуха от загрязнения или к измерениям, проводимым непосредственно на рабочих местах для установления комфортных условий труда.

Рассмотрим сущность методов анализа атмосферного воздуха, отнесенных к группе непрерывного производственного контроля. Кулонополярнографический метод анализа атмосферного воздуха осуществляется с использованием стационарных непрерывнодействующих приборов, предназначенных для определения газового состава воздуха. Метод основан на реакции поглощения исследуемого газа в титрационной ячейке. Электрохимическая ячейка является основным узлом газоанализатора, где осуществляется сопоставление исследуемого воздуха с эталонным газом, результаты которого передаются в регистрирующее устройство.

Оптические газоанализаторы получили наиболее широкое применение при контроле содержания вредных примесей в атмосфере. По принципу действия они делятся на абсорбционные, эмиссионные,

Тип оптического газоанализатора	Основной принцип действия
Абсорбционные	Измерение ослабления интенсивности электромагнитных излучений при прохождении через исследуемую газовую смесь
Эмиссионные	Измерение интенсивности спектральных линий определяемого газа при изменении его концентрации в воздухе
Оптико-акустический	Измерение поглощения газом инфракрасной радиации
Фотоколориметрический	Измерение поглощения газом лучистой энергии в ультрафиолетовой области спектра
Фотометрически	Измерение поглощения газом лучистой энергии в видимой области спектра

оптико-акустические, фотоколориметрические и фотометрические (табл. 12).

Оптические газоанализаторы используются не только в аппаратах непрерывного автоматического производственного контроля, но и во многих аппаратах для экспресс-метода.

Физико-химические методы анализа атмосферного воздуха разнообразны, наибольшее распространение имеют газохроматографические и масс-спектрографические методы. Первый из этих методов состоит в хроматографическом разделении веществ (обусловленном различием во взаимодействии между их молекулами) в так называемой разделительной колонке и фиксации выходящих из нее компонентов детекторами, действие которых основано на различии между физическими характеристиками этих компонентов. Второй масс-спектрометрический способ заключается в идентификации загрязнителей по массовым спектрам, образующимся в результате ионизации исходного газа под действием электронов или других видов излучения. В камере-анализаторе счетчиком регистрируются ионы с различной массой, которые автоматически фиксируются, образуя так называемый массовый спектр, при этом каждый определяемый загрязнитель имеет свой определенный спектр, вычерчиваемый самописцем на масс-спектрограмме. К этому способу относятся спектрофотометрические, полярографические и спектральные методы. Применение этих методов особенно эффективно при определении состава сложных выбросов загрязняющих веществ; они обеспечивают комплексное изучение загрязнителей по всем составляющим ингредиентам.

Весьма интересен и перспективен электрохимический метод, в котором используются специальные датчики, представляющие собой электрохимический элемент, действующий на принципе процесса электролиза с регулируемым потенциалом при управляемой диффузии. Молекулы исследуемых газов диффундируют через мембрану, адсорбируются на поляризующемся электроде, на котором они окисляются или восстанавливаются (в зависимости от определяемого газа) при соответствующем потенциале электрода. В результате этой электрохимической реакции в сети протекает электрический ток,

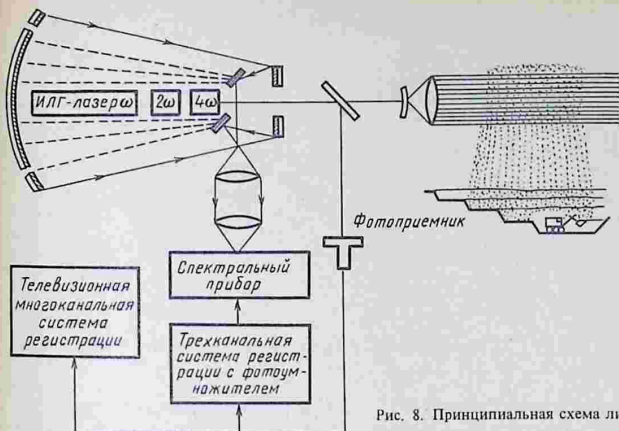


Рис. 8. Принципиальная схема лидара

сила которого, пропорциональная концентрации газа, регистрируется. Электрохимический метод особенно эффективен при определении в атмосферном воздухе CO , H_2S , NO_x и SO_2 . Метод применим в аппаратах непрерывной регистрации, а также экспресс-анализа.

Все более широкое применение для контроля атмосферного воздуха получают методы, основанные на использовании лазеров, отличающиеся высокой точностью и быстродействием. Среди них выделяют две группы методов: производящих анализ газов, отобранных в аналитическую кювету и осуществляющих анализ воздуха в открытом пространстве без пробоотбора. Первый метод основан на явлении резонансного поглощения лазерного излучения в анализируемом газе; с помощью его определяются (без перестройки установки) около 20 поллютантов, в том числе концентрация и дисперсность аэрозоля. Во втором методе используются эффекты взаимодействия световой волны с воздушной средой: аэрозольное молекулярное рассеяние, спонтанное комбинационное рассеяние, резонансное рассеяние и резонансное поглощение. В этом дистанционном способе определения состояния воздушной среды используются лазерные локации (лидары) в сочетании с лазерами — источниками излучения. На рис. 8 представлена схема одной из систем лазерного зондирования, применяющаяся для контроля загрязнения надкарьерной атмосферы — обеспечивающая непрерывную регистрацию количества загрязнителей в толще воздушного слоя в пределах до 1,2–2 км.

Область применения радиоизотопных методов неширока, они используются для определения содержания в воздухе продуктов распада радиоактивных руд и минеральной пыли. При измерении количества пыли в воздухе принцип действия этих приборов основан

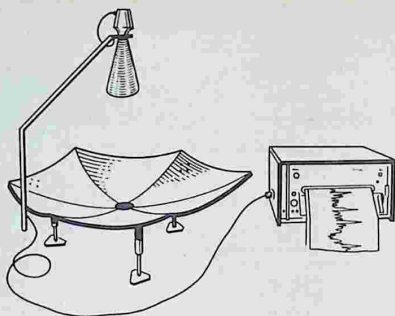


Рис. 9. Схема радиолокатора зондирования

на определении степени поглощения α -частиц отобранной на фильтр пробой. Присутствие в воздухе короткоживущих продуктов распада устанавливается по значению скрытой энергии.

Ведутся работы в области конструирования и использования радиолокаторов зондирования (рис. 9). Эти локаторы применяются для наблюдения за загрязнением пограничного слоя атмосферы над горными предприятиями и обеспечивают непрерывную регистрацию толщины загрязняющего слоя и температурной инверсии на высоте до 2 км.

Второй большой группой методов исследования воздушной среды являются методы периодического производственного контроля. При этом ведется детальный лабораторный анализ отобранных с помощью воздухозаборников проб воздуха с определением полного поэлементного состава. Измерения осуществляются на стационарном оборудовании в условиях специальных лабораторий.

Экспресс-методами, как уже отмечалось, определяют в основном предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ на рабочих местах. Поэтому приборы, предназначенные для анализа, отличаются портативностью и небольшой массой. По принципу действия в основном это оптические (интерференционные) хроматографические и химические приборы.

В табл. 13 сгруппированы газоанализаторы, получившие наиболее широкое применение при различных методах контроля качества атмосферного воздуха.

4.12. ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ВИБРАЦИЯ

Человек живет в мире звуков; различные звуки по-разному воспринимаются его организмом и вызывают неодинаковые ответные реакции. Большинство естественных звуков оказывают благоприятное влияние на организм человека. Однако значительное количество

Таблица 13

Наименование прибора	Принцип действия	Определяемые поллютанты								
		H ₂	H ₂ S	SO ₂	CO	CO ₂	CH ₄	NO _x	ра-дон	аэро-золи
Анализаторы непрерывного действия										
ЕКП-1	Кулонополяр-графический			+						
ГМК-3	Оптический				+			+		
АМТ-3	Физико-химический									
СИГМА-CO	То же				+					
Маяк-1	«							+		
Газоанализа-тор типа ОА	Оптический									
Поиск-4	Физико-химический	+		+	+	+	+			
ГИАМ-5					+	+	+			
ИЗВ	Радиоизотопный								+	+
ПРИЗ-1	То же									+
ЛУЧ-2М	Лазерный							+		
Флюорит-2	То же					+				
Лазерный ана-лизатор запылен-ности ЛАЗА-1	«									+
Лидары	То же	+	+	+	+	+	+			
ЕС-200	Электрохимический		+	+	+			+		
Радиолокатор	Радиолокационный									+
Лабораторные анализаторы периодического действия										
Хроматограф ХГ1305	Спектральный	+	+	+	+	+	+	+		
Масс-спектро-метр МИ-1305	То же	+	+	+	+	+	+	+		
Анализаторы экспресс-метода										
ШИ-3, ШИ-5	Оптический						+	+		
ШИ-С (ИГА)	То же						+	+		
ГХ-4	Химический		+	+	+				+	
УГ-2, ЧГ-3	То же	+	+	+	+	+				
Поиск-1	«	+		+	+	+				
Сигнализатор СТМ	Хроматографический					+				
Переносные сигнализаторы метана СМП-1, СШ-2	«					+				
Объемно-оп-тический газо-анализатор ООГ-2	Оптический	+		+	+	+				

шумов антропогенного характера, многие из которых человек даже не слышит, отрицательно сказываются на его самочувствии и здоровье. В основном эти шумы возникают при эксплуатации различных машин или выполнении технологических процессов, поэтому

их называют «техническими»; применительно к промышленному производству пользуются также термином «производственный» шум (понятие технический шум более емко, так как включает в себя помимо производственного транспортные и бытовые шумы).

Технические шумы рассматриваются как своеобразное загрязнение среды; наиболее существенное и масштабное влияние на жизненные функции людей оказывает распространение шума в воздушной среде. Своеобразие шумового загрязнения воздушной среды заключается не в поступлении загрязняющих веществ, а в физическом воздействии, вызывающем вредные волновые гармонические колебания в воздушной среде. Загрязнение шумом имеет локальное значение. Источники технического шума весьма разнообразны — одни из них создают монотонный шумовой фон, другие характеризуются прерывистым или кратковременным шумовыми эффектами.

В современных условиях с развитием процессов урбанизации, концентрации промышленного производства, увеличения количества и мощности используемых машин и введения новых технологических операций технический шум становится не только вредным, но даже опасным для человеческого общества. Высоким загрязнением техническими шумами характеризуются большие города, территории, прилегающие к аэродромам и автомагистралям. Учеными Бразильского института акустики установлено, что интенсивность технического шума в центре крупнейших городов Сан-Паулу и Рио-де-Жанейро опасны для здоровья людей.

Загрязнение производственным шумом весьма значительно в цехах многих отраслей перерабатывающей промышленности и в горных выработках при разведке месторождений, строительстве горных предприятий и добыче полезных ископаемых.

Для оценки шумового загрязнения города в СССР составляются карты акустического «климата»; в Канаде проводятся исследования в области составления «звуковых ландшафтов» территорий районов страны.

К общим средствам борьбы с шумом относятся оптимальное расположение жилых помещений в городах и поселках, размещение населенных пунктов на достаточно больших расстояниях от мощных источников шумового загрязнения, озеленение городов и поселков и устройство разделительных лесных и кустарниковых полос. Применительно к производственным шумовым загрязнениям дополнительными мерами являются: использование звукопоглощающих строительных материалов, в частности винипора (способного не только поглощать, но и улавливать шум); изоляция источников шума, создание более совершенных машин и технологий, шумопонижающие устройства и, наконец, средства индивидуальной защиты.

Отрасль науки, посвященная изучению влияния шума на человеческий организм, называется аудиологией. Проблема воздействия шумового загрязнения на людей столь серьезна для большинства развитых стран, что уже создана Международная ассоциация по борьбе с шумом.

Не все гармонические колебания в воздушной среде человек

воспринимает своими ушами — слышимые звуки имеют частоту колебаний от 16 до 20 000 Гц; за пределами этого диапазона располагаются инфразвуковые частоты (менее 16 Гц) и ультразвуковые (более 20 000 Гц). Хотя инфразвуки и ультразвуки человек не слышит, но они также оказывают вредное влияние на его организм.

Напомним, что энергию, переносимую звуковой волной за одну секунду через единицу площади поверхности, нормально расположенной к направлению распространения волны, называют интенсивностью шума. Интенсивность шума измеряется в ваттах на квадратный метр

$$I = p^2 / (\rho \cdot c), \quad (4.3)$$

где p — звуковое давление, Па; $\rho = 1,29$ — плотность воздуха, кг/м³; $c = 340$ — скорость звука в воздухе, м/с.

Минимальная интенсивность (сила) звука, воспринимаемая ухом, называется «порогом слышимости», при этом порог слышимости различен для звуковых колебаний разных частот. Органы слуха человека наиболее чувствительны к частоте колебаний от 1000 до 3000 Гц; для этих частот порог слышимости примерно равен 10^{-11} – 10^{-12} Вт/м² (едва слышимые звуки). Верхней границей интенсивности звука, который человек еще способен воспринимать, называют «порогом болевого ощущения».

Понятие интенсивности и громкости шума хотя и принимаются в быту за синонимы, однако не совсем тождественны — интенсивность — объективная характеристика процесса; громкость — характеристика его субъективного восприятия. Установлено, что громкость звука возрастает гораздо медленнее его интенсивности; принято считать, что прирост ощущения пропорционален десятичному логарифму отношения энергии двух сравниваемых источников звука. На основании этого введено понятие уровня звукового давления L , дБ, определяемого по формуле:

$$L = 2 \lg(p / p_0), \quad (4.4)$$

где k — коэффициент; при $k = 1$ уровень звукового давления измеряется в белах, однако обычно измерение ведется в децибелах (дБ) — единица, равная одной десятой бела, при этом $k = 10$; p — звуковое давление в точке измерения, Па; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ — пороговое значение звукового давления, Па.

Ощущение шума зависит не только от уровня звукового давления, но также от спектрального состава гармонических колебаний; с учетом этого выделяют следующие октавные полосы среднегеометрических частот — 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц (в октавной полосе частот нижняя частота f_n в два раза меньше верхней f_v ; октавы характеризуются среднегеометрической частотой

$$f_c = \sqrt{f_n \cdot f_v} = 1,4 f_n.$$

Выше шла речь об уровне звукового давления L в децибелах, эта величина определяется без учета частотной коррекции «А» (частотная коррекция позволяет с некоторым приближением учитывать характер восприятия звука человеком); в случае если определение ведется по характеристике с частотной коррекцией, то измеряемая величина, называемая уровнем звука, исчисляется в децибелах А (дБА).

Воздействие шума на организм человека зависит также от его временных характеристик (периодичности, продолжительности, непрерывности). Установлено, что шум обладает «кумулятивным» (накопительным) свойством, заключающимся в том, что непрерывные, периодические или даже эпизодические шумовые раздражения суммируются в человеческом организме, приводя к отрицательным биологическим последствиям.

Нервная энергия человеческого организма расходуется непродуктивно на борьбу с воздействием шума; недостаточный отдых приводит к снижению производительности труда. Наиболее распространенное заболевание, вызываемое шумом, называется тугоухостью — постепенно прогрессирующая болезнь, приводящая нередко к полной глухоте. Шум является причиной и активизатором многих тяжелых заболеваний, в частности гастрита, язвы желудка, сердечно-сосудистых заболеваний, истощения нервной системы и психических расстройств. Группа западно-германских врачей считает, что непосредственное негативное воздействие шума на человеческий организм сильнее, чем воздействие воздуха, загрязненного промышленными и транспортными выбросами. Установлено, что жители Орли, где располагается крупный аэродром Парижа, в семь раз больше потребляют лекарств, по сравнению с жителями других районов французской столицы.

Шум в заводских цехах или других помещениях часто порождается не гармоническими волновыми колебаниями воздуха, а вибрацией металлических конструкций. Воздействие этих вибраций вызывает у человека утомляемость, поражение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, слухового, вестибулярного и опорно-двигательных аппаратов. Развитие «вибрационной болезни» зависит от продолжительности воздействия на организм вибрации и ее спектрального состава. Вибрации с частотами 6–12 Гц (близкими к частотам собственных колебаний человеческого организма) особенно опасны для здоровья людей.

Если производственный шум нормируется по допустимым уровням звукового давления, то вибрация нормируется по уровням колебательных (вибрационных) скоростей в октавных полосах частот. Уровни колебательных скоростей (в децибелах) определяются по уравнению:

$$L_v = 20 \lg(v/v_0), \quad (4.5)$$

где v — значение колебательной скорости, м/с; v_0 — опорная колебательная скорость, м/с.

4.13. ДИРЕТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОХРАНЕ ОТ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

В связи с тем что антропогенный шум рассматривается как загрязнитель воздушной среды, основные мероприятия, регламентирующие методы борьбы с ним, включены в Закон Союза Советских Социалистических Республик «Об охране атмосферного воздуха». В этом законе содержатся мероприятия, ограничивающие уровень вредных физических воздействий на воздушную среду, основным из которых является волновое акустическое воздействие. В соответствии с этим Законом устанавливаются нормативы не только предельно допустимых выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, но и нормативы предельно допустимых вредных физических (в частности, акустических) воздействий на нее. В соответствии со статьей 12 Закона местные Советы народных депутатов, министерства, предприятия и организации обязаны разрабатывать и осуществлять мероприятия по предупреждению, снижению и устранению вредного воздействия на атмосферный воздух звуковых колебаний, включая шумы антропогенного происхождения.

Вредные физические воздействия на атмосферный воздух допускаются при соблюдении предельно допустимых нормативов; если же последние нарушаются, то соответствующая деятельность промышленных предприятий и организаций может быть ограничена, остановлена и запрещена решением органов, осуществляющих государственный контроль за охраной атмосферы.

В целях борьбы с производственными шумами должны, в частности, осуществляться: внедрение малошумных технологических процессов, улучшение конструкций машин, размещение источников шума на достаточно большом расстоянии от населенных пунктов и районов жилой застройки.

Напомним, что порядок контроля за охраной атмосферного воздуха и ответственность за нарушение закона «Об охране воздушной среды» был изложен в разделе 4.4 при рассмотрении вопросов загрязнения воздуха; эти положения распространяются и на процессы вредных физических воздействий на воздушную среду, в частности акустических.

В ГДР в упоминавшемся ранее «Законе об охране и рациональном использовании воздушной и водной среды, растительного и животного мира, поверхности Земли, почвы и недр» регламентированы допустимые пределы уровня производственного шума. В соответствии с этим законом государственные, хозяйственные органы и предприятия обязаны постепенно уменьшать уровень технического шума при строительстве и реконструкции жилых районов, производственных предприятий, транспортных связей, курортных зон и зон отдыха. Для дневного и ночного времени суток устанавливаются различные допустимые уровни шума—с 22 до 6 ч допустимый уровень шума понижается на 10 дБ по сравнению с дневным уровнем (в СССР предельно допустимый уровень шума в домах, расположенных около мощных шумоисточников, ограничивается в ночное время 35—50 дБ).

4.14. ШУМ И ВИБРАЦИЯ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Шумовое загрязнение. Кульминационными пунктами интенсивного шумового загрязнения при разведке и разработке месторождений являются подземные и открытые горные выработки. В подземных выработках шум, поглощаясь массивами пород, как правило, полностью локализуется в пределах одной или комплекса выработок (на интенсивность затухания шума влияют размеры поперечного сечения выработок, а также материалы и конструкция крепи); возникающий в открытых выработках шум распространяется по воздушной среде на более или менее значительные территории прилегающей местности. Интенсивность шумового эффекта в подземных горных выработках увеличивается за счет их относительно небольших размеров и многократного отражения звуковых волн от поверхностей породных массивов. Мощными источниками производственного шума на поверхности являются стационарные и передвижные энергетические и технологические машины и установки, транспортные средства и некоторые технологические процессы.

На поверхности шумовое загрязнение при проведении геологоразведочных работ относительно невелико; из источников шума непрерывного характера следует выделить буровые станки. При проведении разведочных открытых горных выработок к ним прибавляется шум от работающих экскаваторов, компрессоров и бульдозеров. Интенсивным периодическим источником шума являются взрывные работы при проходке разведочных канав и траншей, а также взрывы при сейсморазведочных работах. В подземных разведочных выработках относительно постоянными источниками наиболее интенсивного шума являются перфораторы, погрузочные машины, вентиляторы; периодические взрывы, производимые в проходческих забоях, ухудшающие шумовую характеристику геологоразведочных работ.

При строительстве шахт и рудников производственный шум примерно аналогичен таковому при геологоразведочных работах, однако характеризуется относительно более высокой интенсивностью в связи со значительной концентрацией работ и использованием машин большей мощности.

Процессы разработки месторождений в большинстве случаев сопровождаются еще более интенсивным шумообразованием. Наиболее высокими уровнями шума характеризуются взрывные работы. В процессе подземной разработки при взрывной отбойке люди удаляются на значительные расстояния от забоя, а при массовых взрывах выходят на поверхность; в качестве сопутствующего эффекта этих мероприятий является снижение или полное исключение вредного влияния на человека шума взрыва. В отличие от этого взрывное вторичное дробление полезного ископаемого, проводимое часто в течение рабочей смены и на относительно небольших расстояниях от транспортных выработок, характеризуется более интенсивным шумовым воздействием на организм работающих.

При открытой разработке месторождений особенно высокие шумо-

вые импульсы, причем распространяющиеся на большие расстояния, наблюдаются при производстве массовых взрывов. Шум при производстве взрывного вторичного дробления обычно локализуется в пределах карьера, ухудшая тем не менее условия труда на рабочих местах. Шум, производимый работающими в открытых горных выработках и на поверхности машинами и установками, имеет значительно меньшую интенсивность, однако он длительно воздействует на работающих. В большинстве случаев шумовое загрязнение, возникающее в результате эксплуатации машин и установок, не распространяется на значительные расстояния от источника шума. Однако мощные источники шума, располагающиеся на поверхности (вентиляторы главного проветривания, компрессоры и т. п.), загрязняют воздушную среду над большими участками территории, окружающей горное предприятие. В табл. 14 приведены усредненные данные

Таблица 14

Оборудование	Уровень звукового давления в дБ в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Ручные перфораторы	99	106	107	107	100	108	109	108	114
Колонковые перфораторы	100	104	106	104	106	106	106	103	114
Телескопные перфораторы	104	108	113	112	107	110	106	103	115
Отбойные молотки	94	97	98	99	95	96	96	100	108
Буровые станки	104	106	107	108	107	108	107	105	115
Буровые каретки	104	108	107	107	105	105	105	102	118
Проходческие полки	117	124	121	122	118	114	110	100	124
Проходческие комбайны	80	88	88	88	88	84	79	66	90
Погрузочные машины	89	93	93	97	96	97	94	91	106
Скреперные лебедки	83	83	87	91	91	89	84	77	96
Доставочные машины	99	102	101	98	99	98	96	95	105
Добычные комплексы	78	85	83	86	83	75	74	65	89
Электровозы	98	96	94	95	93	84	74	65	96
Вентиляторы местного проветривания	93	96	98	106	98	95	86	78	103
Вентиляторы главного проветривания	106	113	117	116	109	100	92	82	116
Компрессоры	76	78	77	77	85	84	72	63	90
Турбокомпрессоры	108	112	117	123	128	128	127	126	128
Экскаваторы ковшовые	95	87	83	76	73	69	64	58	80
Экскаваторы роторные	92	78	76	73	69	66	61	52	76
Автомобили	100	98	93	87	85	77	68	59	93
Допустимые уровни звукового давления	99	92	86	83	80	78	75	74	

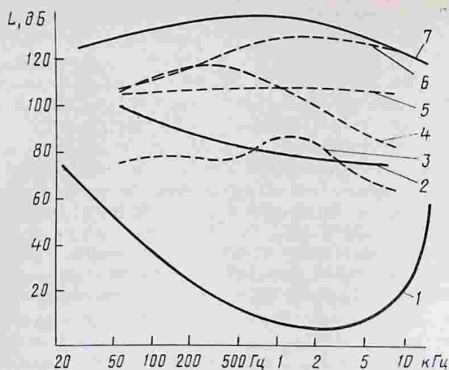


Рис. 10. Уровни звукового давления

об уровнях шума, генерируемого при эксплуатации оборудования, применяемого при разведке и разработке месторождений.

С использованием данных, приведенных в табл. 14, построена диаграмма (рис. 10), характеризующая уровни звукового давления некоторых машин, эксплуатируемых на земной поверхности и относящихся к наиболее шумообразующим. На графике кривые 1 и 7 представляют соответственно порог слышимости и порог болевого ощущения при различных частотных характеристиках. Кривые 2–6 построены в октавных полосах среднегеометрических частот. Кривая 2, изображенная сплошной линией, характеризует допустимые уровни звукового давления, 3–6 — шумовые характеристики некоторых машин, уровень звукового давления при эксплуатации которых превышает допустимый (во всех или некоторых частотах), а именно кривая — 3 — шум поршневого компрессора; 4 — вентилятора главного проветривания; 5 — бурового станка; 6 — турбокомпрессора. Расположение семейства пунктирных кривых свидетельствует о том, что при разведке и особенно при разработке месторождений на земной поверхности располагаются источники производственного шума, интенсивно «загрязняющие» воздушную среду. Уровни звукового давления некоторых установок приближаются к порогу болевого ощущения, а интенсивность шума, производимого при работе турбокомпрессоров, в верхних частотах достигает его. При этом следует иметь в виду, что акустический «климат» окружающей местности существенно ухудшается при воздействии на атмосферу других (нередко многочисленных) источников производственного шума.

Допустимые уровни звукового давления установлены Санитарными нормами (СН 245–71, ГОСТ 12.1.003–76); эти нормы могут увеличиваться при сокращении суммарной длительности звукового воздействия в течение рабочей смены следующим образом:

4-8 ч	0
1-4 ч	на 6
0,5-1 ч	на 12
5-15 мин	на 18
менее 5 мин	на 24

Для импульсных шумов приведенные значения уменьшаются на 5 дБ; особенно сильно влияют на организм человека громкие и прерывистые звуки интенсивностью более 70 дБ в октавных полосах высоких частот.

Ударные воздушные волны. Производство взрывных работ при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых сопряжено с возникновением в воздушной среде ударных воздушных волн (УВВ). Они формируются, кроме того, при взрывах метановоздушных и пылевых смесей и при обрушении пород в подземных горных выработках. Ударная воздушная волна распространяется со скоростью, превышающей скорость звука, на значительные расстояния, оказывая воздействие на человека и окружающую среду. По мере перемещения в воздушном пространстве УВВ теряют свою интенсивность и скорость распространения, затухают и постепенно переходят в звуковые волны. Интенсивность ударных воздушных волн зависит от массы зарядов ВВ и энергии образующихся при взрывах газов. К основным характеристикам УВВ относят давление на фронте волны, скорость распространения и время воздействия. При взрыве небольших зарядов ВВ продолжительность воздействия УВВ на человека измеряется миллисекундами и носит импульсный характер, от которого при давлении до 10 кПа люди практически не получают повреждений. При продолжительности воздействия УВВ от 20 до 200 мс основное влияние на людей оказывает давление на фронте волны (при давлении от 20 до 40 кПа возникают контузии, проявляющиеся в головокружениях и головных болях; при более высоких давлениях могут иметь место разрывы барабанных перепонок). При действии УВВ свыше 200 мс, что характерно для взрывов больших зарядов ВВ, производимых на значительных расстояниях от места восприятия, представляет опасность не только давление, но и скорость воздушного потока, перемещающегося за фронтом волны (при давлении 20 кПа эта скорость превышает 40 м/с), в результате люди получают травмы при падении. Под действием УВВ разрушаются или преждевременно выходят из строя горные выработки, различные сооружения и оборудование.

Естественно, что интенсивность воздействия УВВ наиболее существенна при производстве массовых взрывов; негативные последствия более значительны при массовых взрывах в подземных горных выработках. При короткозамедленном взрывании зарядов ВВ формируются серии ударных воздушных волн, следующих одна за другой, и воздействие их проявляется в эффекте вибрации.

Вибрация. Источниками вибрации на горных предприятиях являются также многочисленное оборудование, эксплуатация которого,

Оборудование	Уровни колебательной скорости (см/с) в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц						
	32	63	125	250	500	1000	2000
Ручные перфораторы	10,5	5,5	3,8	2,2	2,2	1,4	1,3
Телескопные перфораторы	12,6	17,0	3,7	1,0	0,9	1,0	1,1
Отбойные молотки	1,6	3,0	1,9	1,6	1,2	0,6	0,2
Буровые станки	3,0	2,1	1,1	1,5	0,3	0,2	0,2
Буровые каретки	3,1	2,9	1,0	0,5	0,4	0,2	0,1
Проходческие полки	10,0	8,0	4,0	1,6	—	—	—
Допустимая колебательная скорость	3,5	2,5	1,8	1,2	0,9	0,63	0,45

кстати сказать, в большинстве случаев связана и с генерированием шума. К источникам интенсивной вибрации при разведке месторождений относятся перфораторы и буровые станки. Вибрация в процессе бурения разведочных скважин особенно интенсивна при использовании буровых вибрационных установок.

В табл. 15 приводятся характеристики некоторого оборудования, при эксплуатации которого наблюдаются наиболее высокие уровни вибрации.

Допустимые колебательные скорости при местной вибрации установлены Санитарными нормами (ГОСТ 12.4.025—76). Как следует из табл. 15, уровни колебательной скорости при эксплуатации телескопных и ручных перфораторов превышают допустимые во всех октавных полосах; для проходческих полков и отбойных молотков выходят за пределы нормативных в октавных полосах низких и средних частот. Вибрация с низкими частотами, близкими к частотам собственных колебаний человеческого организма, как упоминалось, наиболее опасна для здоровья.

4.15. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ШУМА И ВИБРАЦИИ

Проблемы нарушения производственным шумом и вибрацией естественных экологических взаимосвязей в настоящее время не могут быть достаточно четко сформулированы, ибо вредные последствия шума и вибрации прослежены только на состоянии самочувствия и здоровья людей и проанализированы в отдельных случаях на животных.

Снижение вредного влияния шума. Мероприятия по защите от вредного влияния производственного шума реализуются, в первую очередь, в создании безопасных и комфортных условий труда работающих и, в меньшей степени, в формировании благоприятного «акустического климата» жилых районов, расположенных около места производства работ. Это объясняется тем, что люди, занятые в производственном процессе, находятся ближе к источникам шума и, следовательно, более подвержены его влиянию, а также тем, что

в ряде случаев в зоне шумового загрязнения воздушной среды не располагаются поселения или другие производства, что, например, характерно для геологоразведочных работ и строительства горных предприятий во вновь осваиваемых районах страны.

В курсе «Охрана окружающей среды» вопросы защиты от шумового загрязнения воздушной среды наиболее целесообразно рассматривать, начиная с крупномасштабных общих мероприятий, обеспечивающих снижение вредного влияния шума на население окружающих предприятие территорий, переходя затем к техническим средствам, направленным на уменьшение шумообразования при том или ином производстве процесса.

Проектирование и планировка производственных, бытовых и жилых объектов более или менее длительно действующей геологоразведочной экспедиции и тем более предприятий подземной и открытой разработки месторождений должны производиться на базе прогноза шумового загрязнения воздушной среды. Расположение этих объектов по отношению к источнику наиболее интенсивного шума имеет первостепенное значение (основными учитываемыми источниками шума являются при подземной разработке или разведке месторождений вентиляторные и компрессорные установки на поверхности, а при открытых горных работах — комплекс горных выработок и внешние отвалы).

Удаленность от источника снижает интенсивность шума; уровень затухания звука в атмосфере практически изменяется пропорционально изменению частотных характеристик:

Частота, Гц	500	1000	2000	4000	8000
Уровень затухания звука, дБ/км	3	6	12	24	48

График, иллюстрирующий интенсивность затухания звука с различными частотными характеристиками, представлен на рис. 11. На оси ординат выбраны две точки, соответствующие источникам шума со звуковым давлением 100 и 130 дБ; пунктирные и сплошные наклонные линии, направленные от этих точек к оси абсцисс, характеризуют интенсивность затухания звука с различными частотами и позволяют определить звуковое давление на различных расстояниях от каждого источника (в пределах 5 км). Заштрихованные площади, оконтуренные линиями затухания (при 500 Гц и 8 кГц) и кривыми допустимого уровня звукового давления, представляют собой зоны, в пределах которых уровень звукового давления может быть выше установленных санитарных норм. Отметим, что для низкочастотных звуков эти зоны выходят за пределы предусмотренного в графике пятикилометрового расстояния.

Интенсивность звука снижается также в связи с его рассеиванием, одной из причин которого является неоднородность воздушной среды, появляющаяся, в частности, из-за неравномерности ее нагревания. Рассеивание звука тем больше, чем выше его частота.

Итак, затухание и рассеивание звука в атмосфере по мере удаления звуковых волн от источника шума приводит к значительно

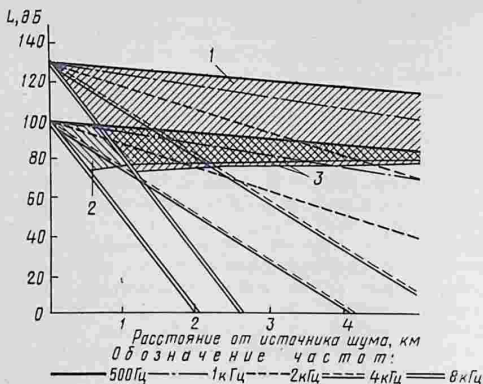


Рис. 11. Интенсивность затухания звука по мере удаления от источника шума:

1 — зона звукового давления, превышающего допустимый уровень при интенсивности шума у источников 130 дБ; 2 — то же при интенсивности шума у источника 100 дБ. 3 — верхние границы зон допустимого уровня звукового давления

более резкому снижению его интенсивности в высокочастотных областях спектра.

Взаиморасположение объектов должно производиться с учетом ландшафтных особенностей местности и направления господствующих ветров. Холмистый рельеф и лесистая местность территории, разделяющей шумовые источники и поселения, значительно снижают интенсивность шума. Не исключена возможность и целесообразность искусственного формирования рельефа с улучшенной шумозащитной характеристикой за счет устройства насыпей и в, частности, размещения породных отвалов.

В строящихся или существующих поселках, а тем более в городах, располагающихся в непосредственной близости от горного предприятия, огромное значение имеет шумозащитное озеленение. Растительные насаждения, создавая так называемую «акустическую тень», обеспечивают значительное снижение шумового загрязнения воздушной среды. Интенсивность снижения уровня шума зависит от ширины полосы шумозащитных насаждений, а также от дендрологического состава и «конструкции» посадок. Полоса насаждений шириной 25 м способствует снижению уровня шума на 10–12 дБ, при этом хвойные породы деревьев предпочтительнее лиственных. Шумозащитные насаждения целесообразно формировать из древесно-кустарниковых крупномерных и быстрорастущих пород с густоветвящейся низкоопущенной кроной. Структура полос должна быть плотной без разрывов с посадкой деревьев рядами или в шахматном порядке;

кустарники высаживаются с расчетом перекрытия подкронового пространства. По форме поперечный профиль (разрез) шумозащитной полосы должен приближаться к треугольнику с более пологой стороной, направленной к источнику шума. Высота деревьев должна быть не менее 7–8 м, кустарников — до 1,5–2 м.

Создание шумозащитных зеленых полос — эффективное и сравнительно недорогое (стоимость 1 км защитной зеленой полосы в городских условиях составляет 70–90 тыс. руб., в то время как стоимость насыпи таких же размеров нередко превышает 1 000 000 руб.) мероприятие, избавляющее живущих в примыкающих к горным предприятиям районах от вредностей шумового загрязнения атмосферы.

Уровень шума в жилых помещениях и дворах может быть снижен за счет рационального размещения, планировки и формы (в плане) зданий, а также повышения их звукоизолирующей способности.

Для повышения эффективности борьбы с шумом в городах и поселках, расположенных вблизи горных предприятий, целесообразно рекомендовать составление (по примеру крупных городов) «шумовых карт» — основы для планомерной реализации шумозащитных мероприятий. Непосредственно на объектах горных предприятий осуществляются мероприятия по предотвращению интенсивного шумообразования и изоляции источника шума. Зеленые насаждения вокруг стационарных источников шума, расположенных на поверхности, входят в комплекс шумоизоляционных средств.

Для снижения уровня шума машины и установки оборудуются глушителями различных конструкций. На рис. 12 приведена схема турбокомпрессорной установки, оборудованной комплексом шумопонижающих устройств. Компрессор с редуктором помещен в звукоизолирующую кабину 1 из листовой стали, армированную звукопоглощающими плитами. Для подачи охлаждающего воздуха в кабину используется вентилятор 3 с глушителями шума вентиляционной системы 2. Монтажные проемы под компрессорной установкой перекрыты стальными листами 4, армированными с нижней поверхности слоем звукопоглотителя; воздухоохладители и воздухопроводы также имеют звукоизолирующие покрытия 5. На схеме сброса воздуха смонтирован глушитель 6. Комплекс шумопонижающих устройств при работе компрессора К-500 обеспечивает достижение допустимых уровней звукового давления в помещении компрессорной станции и на прилегающей территории.

Представляются перспективными исследования и разработка в области обесшумливания

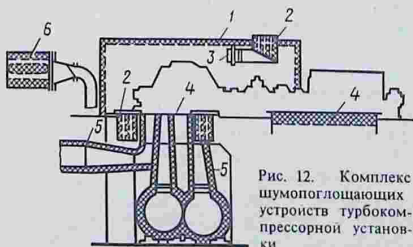


Рис. 12. Комплекс шумопоглощающих устройств турбокомпрессорной установки

машин за счет совершенствования их эксплуатационных характеристик (уместно вспомнить слова президента Международной ассоциации по борьбе с шумом: «Шум — признак не прогресса техники, а скорее ее регресса»). Создание малошумных машин за счет улучшения их конструкций и оптимизации эксплуатационных режимов обеспечивает не только акустический комфорт, но и снижение потерь энергии на шумообразование.

Приведем в качестве примера исследования в области снижения шумообразования главных вентиляторных установок шахт. В горной промышленности СССР эксплуатируется более 4 тыс. главных вентиляторных установок с осевыми вентиляторами; мощность электродвигателя вентилятора достигает 2—3 тыс. кВт. Хотя вентиляторы имеют достаточно высокие эксплуатационные характеристики, но создаваемые на их основе вентиляторные установки имеют довольно низкий КПД. При исследовании повышения эффективности эксплуатации главных вентиляторных установок уральских рудников Министерства цветной металлургии СССР были разработаны автоматические устройства контроля эксплуатационных режимов осевых вентиляторов и управления пограничным слоем воздуха на поверхности лопаток и рабочих колес, в результате чего появилась возможность улучшить энергетические показатели главных вентиляторных установок и существенно снизить уровень аэродинамического шума.

Обычно снижение уровня шума шахтных вентиляторов достигается за счет использования пластинчатых, камерных и камерно-пластинчатых глушителей. Эти глушители обеспечивают снижение уровня шума до 30 дБА, однако являются довольно громоздкими сооружениями и увеличивают сопротивление движению воздуха.

При создании малошумной и компактной вентиляторной установки главного проветривания одной угольной шахты, использовались рекомендации по рациональному осевому размещению лопаточных венцов вентилятора, не равномерному по шагу размещению лопаток рабочих колес, согласованию характеристик вентилятора и сети и использованию диффузора с обтекателем в виде звукопоглощающей конструкции.

Одними из наиболее распространенных «генераторов» шума в подземных горных выработках при горноразведочных работах, строительстве горных предприятий и разработке рудных месторождений являются пневматические перфораторы. Основными источниками шума при их эксплуатации являются выхлопные системы (примерно 47% общего шума в частотных полосах 125—1200 Гц) и вибрирующий буровой инструмент (около 42% шума в частотах 1500—8000 Гц); шум от вибрации корпуса перфораторов незначителен во всех частотах спектра. С увеличением давления, подводимого к перфоратору сжатого воздуха, возрастает уровень шума выхлопной системы и буровой штанги; при увеличении усилия подачи уровень шума выхлопной системы не меняется, а шум от вибрации буровой штанги несколько снижается. Снижение уровня шума выхлопной системы перфораторов (до 5—10 дБА) достигается при использовании

легких глушителей различной конструкции в виде эластичных, преимущественно резиновых камер и при применении бурильных машин с бесклапанным воздухораспределением. Глушитель, снижающий аэродинамический и механический шум, выполненный в виде кожуха, заключающего в себе корпус перфоратора, представлен на рис. 13.

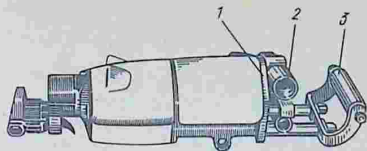


Рис. 13. Перфоратор с шумозащитным кожухом:
1 — шумозащитный кожух; 2 — перфоратор; 3 — рукоятка

Для снижения механического шума, возникающего от вибрации буровых штанг, вследствие главным образом изгибных колебаний, эти штанги покрывают тонким слоем резины или снабжают резино-металлическим буртиком. Хромирование поверхности буровых штанг повышает интенсивность затухания изгибных колебаний в несколько раз (при этом наряду с улучшением демпфирующих характеристик штанг увеличиваются и их антикоррозионные свойства). Хромирование буровых штанг позволяет снизить уровень шума при перфораторном бурении на 3—4 дБА.

Интенсивным шумообразованием сопровождается работа в подземных горных выработках буровых кареток и самоходных бурильных установок. Основными источниками шумообразования в процессе бурения самоходной бурильной установки СБУ-2К являются выхлопы отработанного воздуха ударных механизмов бурильных машин и пневмодвигатели вращателя и податчика (шум выхлопа ударных механизмов в области частот 63—5000 Гц, а пневмодвигателей — 1000—8000 Гц). Механические источники во всех диапазонах частот незначительно увеличивают шум аэродинамических источников; вибрация буровых штанг в отличие от ручных перфораторов не является источником значительного шумообразования в связи со значительными усилиями подачи и демпфирующим действием люнетов. Изменение конструкций выхлопной системы пневмомеханизмов бурильной установки обеспечило снижение уровня шума выхлопа до 10—12 дБ без ухудшения энергетических характеристик механизмов. Эти изменения направлены на уменьшение предвыхлопного давления в полости цилиндра ударных механизмов, уменьшение частоты импульсов, увеличение длины выхлопных каналов и их числа, а также на уменьшение скорости истечения воздушного потока в шестеренчатых пневмодвигателях, уменьшение амплитуды пульсаций давления в потоке и т. п.

Оригинальным решением является устройство шумоизолирующей кабины на бурильной установке СБКНС-2, при испытании которой во время бурения двумя перфораторами ПТ-36 уровень шума в кабине был ниже на 29 дБ по сравнению с шумом в горной выработке (отметим, что герметичность шумоизолирующей кабины и несколько повышенное давление в ней обеспечило и трехкратное снижение запыленности воздуха на рабочем месте горняка). Высказываются предложения о целесообразности устройства аналогичных

кабин и для других видов горного оборудования, например буровых станков, а также в местах погрузки, разгрузки и дробления горной массы.

Оборудование глушителями вентиляторов местного проветривания обеспечивает снижение уровня шума на 5—27 дБ (в зависимости от частот).

Совершенствование конструкций оборудования, применение металлов с высоким коэффициентом звукопоглощения (магниево-никелевые сплавы), использование звукоизолирующих материалов обеспечивают изыскание дальнейших путей снижения шума при эксплуатации различного оборудования в процессе разведки и разработки месторождений полезных ископаемых.

Наряду с этим работающие в неблагоприятных акустических условиях обеспечиваются средствами индивидуальной защиты от производственного шума: противοшумными тампонами, эластичными втулками «Беруши» или наушниками, укрепляемыми на шахтерских касках (как первые, так и вторые характеризуются в зависимости от частоты эффективностью в 8—30 дБ). При высоком уровне шума наушники не являются достаточно эффективным защитным устройством — звуковые колебания проникают к внутреннему уху через поверхность тела. В ФРГ выпускаются шумозащитные костюмы из специальной ткани, не стесняющие движений и весящие всего 2,5 кг.

Снижение вредного влияния вибрации. Как уже отмечалось, негативные последствия ударных воздушных волн, возникающих при производстве подземных массовых взрывов, наиболее существенны. Основным мероприятием, обеспечивающим безопасность людей, является вывод их за пределы установленной заранее опасной зоны, при этом предельно допустимое давление на фронте УВВ не должно превышать 10 кПа. Обеспечение сохранности оборудования и коммуникаций в том случае, если они в соответствии с расчетом могут быть нарушены, достигается за счет их демонтажа или установки защитных устройств для гашения УВВ. Правильный, соответствующий физическим свойствам разрушаемых пород выбор ВВ и использование рациональной технологии взрывных работ способствуют снижению интенсивности ударных воздушных волн.

В открытых горных выработках вследствие рассеивания энергии в атмосфере образуются ударные воздушные волны значительно меньшей интенсивности. Так, например, даже при крупных массовых взрывах в карьерах давление на фронте УВВ относительно редко превышает 10 кПа (волны, у которых давление на фронте меньше 10 кПа, называют «слабыми» ударными воздушными волнами). Слабые УВВ опасны в основном для неустойчивых сооружений, имеющих большую фронтальную площадь, и для остекления зданий. Параметры распространения этих волн в значительной степени зависят от плотности, температуры, влажности воздуха, а также от направления и скорости ветра. Поэтому помимо перечисленных ранее мероприятий, обеспечивающих снижение интенсивности УВВ, при массовых взрывах в карьерах необходимо учитывать атмосферные условия; в период

инверсий и при скорости ветра, направленного в сторону жилых районов, более 6,5 м/с массовые взрывы производить не следует.

Перейдем к вопросам снижения вредного влияния вибрации при эксплуатации горных машин. Для защиты бурильщиков от вибрации ручные перфораторы оборудуются специальными виброгасящими устройствами. Основной деталью виброзащитных устройств является упругий элемент — пружины, работающие на изгиб, сжатие, кручение или сжатый воздух. Для уменьшения силы обратных ударов бура по корпусу перфоратора — основному источнику вибрации — в местах контакта буров с перфоратором размещаются демпферы различных конструкций (в частности, резинометаллические бурты на хвостовиках буров). Бурение шпуров ручными перфораторами производят с использованием различных поддерживающих устройств, контакт бурильщика с которыми ограничен во времени.

Упомянутые ранее шумоизолирующие кабины для буровых кареток монтируются на амортизаторах, гасящих вибрацию. Уровень вибрации на буровых станках СБШ-250 значительно (в 2 раза и более) снижается при бурении с наддолготными амортизаторами типа АН или гидравлическими амортизаторами типа АГ.

Снижение уровня вибрации на станках шарошечного бурения достигается также при замене поршневых компрессоров на винтовые. Из индивидуальных средств защиты от вибрации следует отметить антивибрационные кресла машиниста экскаватора и специальную обувь на виброзащитной «платформе», в подошве которой имеется полость, заполненная сжатым воздухом (давление воздуха регулируется в зависимости от параметров вибрации и массы человека).

Методика определения параметров шумового загрязнения воздушной среды изучается в курсе «Охрана труда», поэтому ограничимся приведением характеристических данных наиболее употребительных измерительных аппаратов — шумомеров (табл. 16).

Таблица 16

Тип шумомера	Диапазон уровней измеряемого шума, дБ	Диапазон частот, Гц	Диапазон рабочих температур, °С	Допустимая влажность воздуха, %
ИШВ-1	30—150	22—12000	—20; +50	до 80
Ш-71	30—130	31—8000	—10; +40	до 90
ШВК-1	20—150	20—40000	—10; +40	до 90

5.1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Считают, что вода появилась на поверхности нашей планеты 3—3,5 млрд. лет назад в виде пара вследствие дегазации мантии; в настоящее время масса воды составляет примерно 0,025% от массы земного шара. Общее количество (объем) воды определено в $1,6 \times 10^9$ км³.

Под воздействием солнечной энергии в природе происходит непрерывный влагооборот — круговорот воды в ее различных фазовых состояниях. Испаряясь с поверхности Земли, вода увлажняет нижние слои атмосферы и в виде осадков вновь возвращается на поверхность планеты, концентрируется в водоемах или проникает в породы, пополняя запасы подземных вод. Последние, в свою очередь, служат источниками питания поверхностных водоемов.

Важной характеристикой водных ресурсов является скорость их естественного возобновления; она в значительной мере определяет хозяйственный потенциал водоисточников. В табл. 17 представлены запасы воды в различных источниках и периоды ее возобновления.

Воды в океанах и морях минерализованы (средняя соленость их составляет 3,5 г солей в 1 л воды); значительное количество подземных вод также минерализовано, причем содержание солей может достигать 200—250 г на 1 л воды. Запасы пресных вод по последним данным составляют 35 млн. км³, т. е. всего 2% от общих запасов воды на планете. Академик А. Е. Ферсман назвал пресную воду «самым важным минералом на Земле».

Основные запасы пресной воды сосредоточены в полярных льдах и снегах, айсбергах и горных ледниках; менее 3% запасов сосредоточено в реках, озерах и водохранилищах, которые и являются традиционными источниками водоснабжения. Отметим, что за последние десятилетия наблюдается увеличение содержания минеральных солей в водах крупных рек, а во многих их притоках вода становится «солонатовой».

Таблица

Источники	Объем, млн. км ³	Период во- зобновления	Источники	Объем, млн. км ³	Период во- зобновления
Океаны и моря	1370	37 тыс. лет	Ледники и поляр- ные снега	27	15 тыс. лет
Верхний слой литосферы мощ- ностью 16 км	200		Озера	0,75	10 и более лет
Из них:			Водохранилища	0,003	Различный
доступный			Реки	0,0012	12 сут
5-километровый	60	4,6 тыс. лет	Пары в атмосфере	0,014	9 сут
слой активного водообмена					
мощностью					
1 км	4	300 лет			

Поверхностные воды формируются в основном из осадков. Из подземных вод наиболее ценными считаются артезианские и межпластовые воды, которые используются главным образом для водоснабжения.

Основную часть используемых ресурсов пресной воды составляет речной сток, который относится к главной гидрогеологической характеристике суши. Полный годовой сток рек на нашей планете составляет 37 тыс. км³; практически почти под каждой рекой течет подземная река — подземный годовой сток определяется в 13 тыс. км³. Ресурсы речного стока некоторых стран приведены ниже:

Страна	Площадь террито- рии, тыс. км ²	Среднегодовой сток, км ³
Бразилия	8512	5668
СССР	22400	4384
КНР	9597	2880
Канада	9976	2740
США	9363	2345
Индия	3288	1586

По среднегодовому речному стоку СССР стоит на втором месте в мире; тем не менее если отнести речной сток страны к площади ее территории (Q/S , км³/тыс. км²), то по «удельному» стоку наша страна завершает шестерку перечисленных стран (рис. 14).

Обеспеченность запасами пресной воды разных стран не одинакова. Испытывая недостаток в воде, многие страны импортируют ее; причем вода транспортируется на десятки и сотни километров по трубопроводам, перевозится судами, автомашинами и даже самолетами. Привозную воду потребляют Алжир, Голландия, Гонконг, Сингапур и др. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), примерно 1,2 млрд. человек страдают от нехватки питьевой воды.

Хотя годовой речной сток СССР составляет более 12% стока

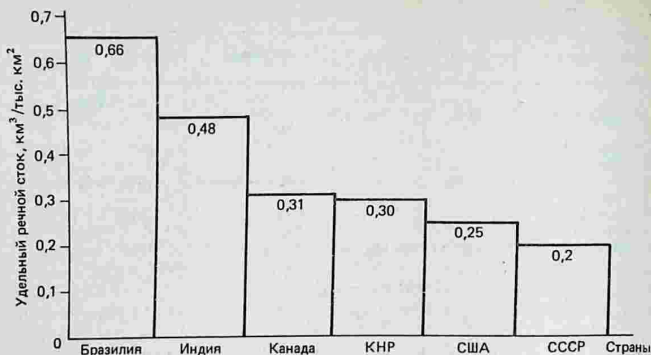


Рис. 14. Удельный речной сток некоторых стран

всех рек Земли, однако распределение его по территории страны крайне неравномерно. Так, например, в европейской части страны, где сосредоточено около 70% населения, водные ресурсы рек составляют всего 20% от общего стока; более 25% территории СССР относится к зоне недостаточного увлажнения; низкую «удельную водность» (0,2–0,5 тыс. м³ в год на одного человека) имеют Молдавия и Туркмения; недостаток воды ощущается в Донбассе, на Урале, в центральной части Казахстана и ряде других районов.

Кроме запасов вод речного стока страна располагает эксплуатационными ресурсами пресных и слабосоленых подземных вод (примерно 220 км³ в год). Ресурсы подземных вод распределены более равномерно — около половины их располагается в европейской части, примерно 30% находится на территории Средней Азии и 20% — в восточных районах страны. К так называемым «вековым» запасам пресной воды в СССР относятся воды в озерах (26 000), ледниках (11 400) и болотах (3000 км³).

Германская Демократическая Республика располагает весьма ограниченными водными ресурсами, среднегодовой речной сток составляет всего 17 км³, снижаясь в засушливые годы до 8,5 км³. Следует отметить высокую освоенность речного стока в ГДР.

5.2. ОСНОВНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ПРЕСНОЙ ВОДЫ

Интенсивное использование водных ресурсов, связанное с расходом, потерями и главным образом загрязнением вод, оказывает существенное влияние на состояние гидросферы в глобальных масштабах.

Уже в 50-х годах нашего столетия пресная вода даже в ряде районов зон достаточного или избыточного увлажнения стала дефи-

цитной. Подсчитано, что годовое потребление природных вод составляет 3300—3500 км³, т. е. около 800 м³ на каждого жителя Земли. К основным потребителям пресной воды относятся сельское хозяйство, промышленное производство (включая энергетику) и коммунальное хозяйство; среди водопользователей из других отраслей народного хозяйства можно назвать водный транспорт, рыбное хозяйство, а также здравоохранение и спорт.

В сельском хозяйстве вода используется в огромных количествах (70 % от всего водопотребления); на транспирацию 1 кг растительной массы необходимо в зависимости от вида растений и условий их выращивания от 150 до 1000 м³ воды. Потребность в воде сельскохозяйственных культур удовлетворяется за счет атмосферных осадков, влажности почв и орошения. На орошение земель в СССР ежегодно расходуется около 180 км³ воды, что составляет больше половины общего расхода воды в стране. Для основных сельскохозяйственных культур в орошаемых районах установлены следующие оросительные нормы (в м³/га): зерновые — 1500—3500, многолетние травы — 2000—8000, хлопок — 5000—8000, рис — 8000—15 000. Кроме орошения в сельскохозяйственном производстве вода используется на обводнение и водоснабжение; обводнение заключается в создании прудов и водоемов для разведения рыбы и водоплавающих птиц.

В промышленном производстве забирается более 20 % воды. Основное количество ее используется для охлаждения при выработке электроэнергии и других технологических процессах. Значительное количество воды потребляется на производственные операции — растворение, измельчение, смешивание, дезинтеграцию, очищение и т. п. Отмечаемый в последние десятилетия рост потребления воды в промышленности обуславливается не только увеличением масштабов производства, но также и «водоемкостью» современных технологических процессов и операций.

К наиболее водоемким относится химическая, целлюлозно-бумажная и металлургическая отрасли промышленности. Так, например, на 1 т готовой продукции расходуется воды (в м³): синтетического волокна — 2500—5000; пластмассы — 500—1000; бумаги — от 400 до 800, никеля — 4000; меди — 500; а стали из чугуна — 160—200.

В коммунальном хозяйстве вода идет на удовлетворение бытовых нужд населения, на работу предприятий бытового обслуживания, поливку улиц и зеленых насаждений и на противопожарные цели (все это составляет примерно 15 % от расхода ее в промышленном производстве). Принято считать, что житель благоустроенного города на личные нужды может расходовать 200—300 л воды в сутки. В крупных городах СССР эта норма превышает; так, например, на одного москвича приходится свыше 400 л воды в сутки, на ленинградца и киевлянина — более 300 л. Небезынтересно отметить, что в Лондоне расход воды на одного жителя определяется в 170 л, в Париже — менее 160 л, а в Брюсселе он равен всего 85 л в сутки.

5.3. МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ ПОТРЕБНОСТИ В ВОДЕ

Рост потребления пресной воды на планете определяется в 0,5–2% в год, при этом к 2000 г. общий водозабор может достигнуть 12–24 тыс. км³. В Советском Союзе годовой расход воды в народном хозяйстве превышает 300 км³, что составляет около 8% мирового расхода, к концу столетия ожидается его увеличение до 550 км³. Столь значительный рост водоиспользования может быть обеспечен при осуществлении радикальных водохозяйственных мероприятий. К основным из этих мероприятий относится в первую очередь регулирование стока рек и использование подземных вод.

Речной сток, как известно, подвержен значительным сезонным изменениям, регулирование его во времени резко повышает полноту и эффективность использования водных ресурсов. Это регулирование осуществляется с помощью устройства на реках систем водохранилищ. В СССР эксплуатируется около 1000 крупных водохранилищ, в которых аккумулируется более 900 км³ воды (подчеркивая значительность этого количества, отметим, что оно равно примерно 16% общего объема водохранилищ на нашей планете).

Регулированию речного стока в ГДР уделяют большое внимание – эксплуатируются водохранилища емкостью более 1 км³ (намечается сооружение водохранилищ по 3–4 км³), аккумулирующие паводковые воды.

Во многих районах СССР существенное значение в регулировании речных стоков имеет сбор и хранение поверхностных вод в подземных коллекторах с откачкой и использованием их в межсезонный период. К преимуществам этого способа следует отнести сохранение земельного фонда прибрежной местности и обеспечение качества аккумулируемой воды.

В ГДР и некоторых других странах с ограниченными водными ресурсами «магасинирование» поверхностных пресных вод в искусственных подземных водохранилищах обеспечивает до 25–30% потребности в воде.

Мероприятия по расчистке речных русел и озеленению берегов обеспечивают повышение их водности; при этом помимо увеличения стока создаются условия для интенсификации процессов самоочистки рек.

При отсутствии рек в пустынных районах значительный интерес представляет так называемый «подтакырный» способ сбора и хранения атмосферных осадков. Сущность способа заключается в закачке дождевых вод, скапливающихся в такырных котлованах, в естественные подземные водоемы соленых вод; при этом пресная вода образует своеобразную «линзу», плавающую в соленой воде и не смешивающуюся с ней. В СССР пустыни Средней Азии и Казахстана в период осенне-зимних дождей и снегопадов получают весьма значительное количество воды, подтакырный способ обеспечивает аккумуляцию и сохранение до 70% выпадающих над пустынями атмосферных осадков.

Огромное значение имеет регулирование речного стока в пространстве (ежегодно эти процессы обеспечивают перераспределение примерно 50 млрд. м³ воды). Оно заключается в перераспределении

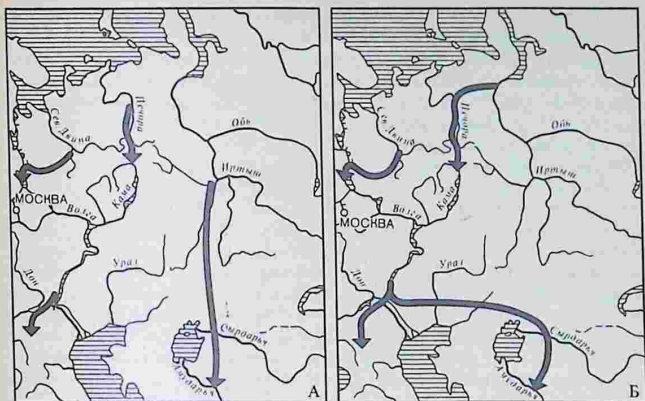


Рис. 15. Схемы переброски водных ресурсов северных рек

водных ресурсов на территориях более или менее обширных регионов страны и осуществляется посредством строительства и эксплуатации каналов. В водохозяйственной системе эксплуатируются крупные каналы суммарной протяженностью более 4 тыс. км. Отметим, что в последние годы были выполнены большие работы по водообеспечению крупных горнопромышленных районов с ограниченными водными ресурсами Донбасса, Кривого Рога, Караганды.

В перспективе дальнейшее удовлетворение возрастающего водопотребления, особенно в южных районах европейской и азиатской части СССР, за счет местных вод недостижимо. Однако необходимо отметить, что огромные массы воды в речных системах бассейнов Северного Ледовитого океана, составляющие 64% общего речного стока страны, практически используются в очень небольших масштабах.

В связи с этим в Академии наук СССР и ряде научно-исследовательских и проектных организаций в рамках единой научной программы разрабатывается два варианта грандиозного плана переброски вод северных рек в южные районы (рис. 15). По первому варианту предусматривается переброска части водных ресурсов северных европейских рек в южные европейские районы, а северных азиатских в южные азиатские районы (рис. 15, а). По второму варианту часть ресурсов северных европейских и азиатских рек подается к руслу Волги и затем используется для водоснабжения европейских и азиатских районов юга страны (рис. 15, б). Каждый из этих вариантов по своим масштабам беспрецедентен в мировой практике; при строительстве новых водных трасс, суммарной длиной в несколько тысяч километров, объем земляных работ определяется в 4–7 млрд. м³ (при строительстве крупнейших в мире каналов Каракумского и Панамского эти объемы измерялись всего сот-

нями миллионов кубометров), поперечное сечение каналов будет сопоставимо с размерами русел крупных рек.

Создание уникальных водных артерий потребует громадных затрат. Проектированию будет предшествовать большой комплекс научных исследований, позволяющий прогнозировать и оценить экологические последствия реализации вариантов переброски вод и принимаемых различных технических решений.

Подчеркивая необходимость прогнозов и всесторонней оценки последствий крупномасштабных преобразований режимов поверхностных вод, приведем пример перекрытия пролива, соединяющего Каспийское море с заливом Кара-Богаз. При уменьшении речных стоков рек Волги и Урала в последние десятилетия наблюдалось снижение уровня Каспийского моря. В связи с этим в конце 70-х годов было признано целесообразным снизить испарение воды, особенно интенсивное на мелководьях, путем изолирования от моря залива Кара-Богаз, ежегодно поглощающего около 5 км³ воды. Акватория Кара-Богаза составляла около 18 тыс. км², при глубине всего 2—3 м. Под лучами южного солнца (40-я параллель) вода весьма интенсивно испарялась, превращаясь в концентрированный рассол. Кара-Богаз — один из крупнейших в мире возобновляемых месторождений минерального сырья, основной поставщик сульфата натрия и ряда других ценных химических продуктов. Осуществленное в 1980 г. перекрытие пролива перемычкой превратило залив в быстровысыхающее озеро, акватория которого уменьшилась в 3 раза, а глубина — в 4—6 раз. Вызванное этим изменение экологической обстановки в районе выразилось в нарушении водных режимов района, загрязнении атмосферы и почв, образовании солончаков, обеднении фауны; ухудшилось качество минерального сырья; возросли затраты на его добычу и переработку. Устранение этих негативных последствий, по-видимому, достижимо только при устройстве в перемычке, перекрывающей пролив, шлюзовых систем, для пропуска в Кара-Богаз необходимого количества морской воды.

Осуществляется также проектирование систем переброски части водных ресурсов Оби и Иртыша в районы развивающегося орошаемого земледелия и промышленных производств в Средней Азии и Казахстане. В США изучается проблема переброски речных стоков из западных пограничных районов Канады на юго-запад страны до границы с Мексикой.

Осуществляются проектные и подготовительные работы по перевозке мощными буксирами «твердой воды» в виде айсбергов из Антарктиды к прибрежным районам Австралии, Южной Америки, Южной Африки и Аравийского полуострова (последнее не столь уж фантастично — напомним, например, что в 1750 г. к берегам Франции был прибит течением гренландский айсберг, который растаял только в течение года). При транспортировке процесс таяния льда предполагается замедлить путем покрытия айсберга пластиковой пленкой.

Одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих увеличение водопотребления, является интенсификация эксплуатации подземных вод. Сейчас примерно $\frac{2}{3}$ городов СССР удовлетворяют свои потребности в воде в основном за счет подземных вод. Вторым их потребителем

является сельское хозяйство. Однако пока в народном хозяйстве используется менее 10% прогнозных ресурсов подземных вод. Для восполнения запасов подземных вод в местах интенсивного отбора (в основном в городах) осуществляется подпитка их поверхностными водами; подпитка подземного горизонта производится, в частности, в столице Латвийской ССР — Риге.

При высоком уровне использования водных ресурсов в ГДР водозабор из поверхностных и подземных источников составляет более половины возобновляемых запасов пресных вод. Проблема удовлетворения возрастающей потребности в воде при ограниченных водных ресурсах решается в ГДР за счет многократного использования вод. В 1985 г., например, в определенные периоды в некоторых районах станет необходимым пятикратное и даже семикратное использование воды. Широкое расходование сточных (в основном коммунальных) вод для орошения сельскохозяйственных угодий является существенным составным элементом водоснабжения народного хозяйства Германской Демократической Республики.

5.4. ПОТЕРИ ВОДЫ, ЕЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ

Практически процесс любого использования воды сопровождается ее частичной потерей, что объясняется испарением, фильтрацией или просто утечкой. Наибольшие безвозвратные потери характерны для сельского хозяйства в районах орошаемого земледелия. При эксплуатации несовершенных систем ирригации эти потери составляют 45—50%, при использовании облицованных каналов они сокращаются до 20—30, а при транспортировке воды по трубам до 5—10%. Сам процесс орошения осуществляется при следующих основных видах полива — поверхностного и дождеванием; первый характеризуется значительными потерями воды, второй обеспечивает более равномерное увлажнение почв, и непроизводительные потери воды на фильтрацию и испарение снижаются.

В промышленном производстве потери воды относительно невелики, они главным образом обуславливаются процессами испарения, характеризующимися наибольшей интенсивностью на тепловых и атомных электростанциях, а также на предприятиях черной металлургии.

К источникам загрязнения водоемов относятся в основном сточные воды промышленных предприятий, хозяйственно-бытовые стоки и смываемые с сельскохозяйственных угодий удобрения, пестициды и гербициды. Загрязняющие воды вещества разделяют на минеральные, органические, бактериальные и биологические.

Поставщиками наибольшего количества минеральных загрязнителей считаются промышленные предприятия и сельскохозяйственное производство. Органическое загрязнение вод в основном связано с интенсификацией сельскохозяйственного производства, сбросами сточных вод промышленными предприятиями определенного профиля (например, предприятиями целлюлозно-бумажной промышленности) и городскими коммунальными стоками. К бактериальным и биологическим загрязнителям относятся разнообразные микроорганизмы, а также грибки и мелкие водоросли. Поступление в водоемы этого вида загрязнителей в

основном обусловлено бытовым загрязнением вод, сбросом сточных вод больниц, кожевенных заводов и пр.

В естественных условиях способность вод к самоочищению достаточно велика, но безгранична. Когда загрязнение водоемов достигает критических значений, вода не только утрачивает свои ценные биологические свойства, но становится непригодной для бытовых и даже производственных нужд. Загрязнение вод приводит к гибели флоры и фауны поверхностных водоемов.

К особому виду загрязнений относится, как уже отмечалось, тепловое загрязнение вод. Повышение температуры водной среды нарушает природное экологическое равновесие и изменяет условия жизни водных организмов.

Загрязнение многих рек в развитых капиталистических странах достигло критического состояния. Крайне высокое загрязнение отходами химического производства реки Кайахога (США) привело в 1969 г. к тому, что маслянистый поток вспыхнул и длительное время горел. Очень сильно загрязнены воды Миссисипи, Рейна, Эльбы, Дуная, По и ряда других более мелких рек.

Речные воды, стекая в озера, моря и океаны в свою очередь загрязняют их. Располагающиеся на границе между США и Канадой, Великие озера загрязнены речными водами до такой степени, что в них прекращается жизнедеятельность организмов; одно из этих озер — Эри считается национальным символом деградации природной среды.

Советские лимнологи обеспокоены судьбой Ладоги — одного из крупнейших озер в Европе. Поступление в озерную воду стоков сельскохозяйственных угодий с обильным содержанием удобрений (фосфора и азота) вызывает бурное зарастание водоема водорослями — озеро «стареет», количество в воде кислорода, необходимого микроорганизмам и фауне, снижается.

В океанских водах разлагаются, растворяются или оседают на дно приносимые реками минеральные и органические загрязнители. Установившееся в природе равновесие между процессами естественного загрязнения и самоочищения вод Мирового океана постепенно нарушается все возрастающим количеством загрязнителей антропогенного характера.

Под термином «дампинг» понимается сброс в моря и захоронение в них различных отходов; в период 1960—1970 гг. в море ежегодно сбрасывалось более 100 млн. т отходов, среди них на грунт, вынимаемый при дноуглубительных работах, приходилось около 80%, на промышленные отходы — 10, на отстой сточных вод — 9%.

В настоящее время, однако, беспокойство вызывает не столько увеличивающиеся количества загрязнителей, сколько их свойства (неразлагающиеся, труднорастворимые, токсичные). Среди этих загрязнителей необходимо выделить, в частности, нефть и радиоактивные отходы. Из различных источников в Мировой океан ежегодно поступает до 10 млн. т нефти и ее производных (1 т нефти, растекаясь по поверхности воды, образует пленку толщиной от микрометров до 2 см и площадью около 12 км²). Нефтяная пленка изолирует воду от атмосферного воздуха, меняет режимы углеродно-кислородного обмена, снижает

интенсивность испарения воды и нарушает экологическое равновесие в водной среде.

Ряд капиталистических стран сбрасывает в океан радиоактивные отходы; бетонные контейнеры, в которых опускаются на дно эти отходы, являются паллиативной временной защитой водной среды от радиоактивного загрязнения. В нескольких сотнях километров от побережья Ирландии с 1976 г. было затоплено около 40 тыс. т радиоактивных отходов; сейчас в ирландских водах уже отмечается рост концентрации радиоактивных частиц. Одну из новых свалок радиоактивных отходов США организует в Тихом океане на расстоянии около 1 тыс. км от японских островов.

Последствия локальных загрязнений прибрежных океанских вод в ряде случаев труднопредсказуемы. Так, например, в 1956 г. в Японии было отмечено массовое заболевание неизвестной ранее болезнью, причиной которой явилось употребление в пищу рыбы, отравленной ртутными ингредиентами сточных вод, скопившимися в заливе Минамата. Оказалось, что «болезнь Минамата» передается по наследству, и в середине 70-х годов вновь была отмечена вспышка этого тяжелого заболевания.

Основные требования к охране вод от загрязнения регламентируются в Советском Союзе Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, утвержденными Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР совместно с Министерством рыбного хозяйства СССР и Главным государственным санитарным врачом СССР, а также Положением о порядке использования и охраны подземных вод на территории СССР. В них, в частности, изложены нормативы качества воды, исключающие возможность нарушения хозяйственного водопользования. Приведем с некоторым сокращением и перегруппировкой требования к составу и свойствам воды в используемых для хозяйственно-питьевых и рыбохозяйственных целей водных объектах (табл. 18).

К наиболее распространенным ингредиентам промышленных загрязнений относятся хлор, сульфаты, сульфиды, фосфор, азот, фенолы, нефтепродукты, элементы руд черных и цветных металлов — свинец, цинк, медь, молибден, ртуть и др., натрий, кальций, калий, гуминовые вещества.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде, поступающей в водные объекты хозяйственно-питьевого водопользования, регламентированы упомянутыми Правилами; список вредных ингредиентов включает 420 наименований, допустимая концентрация каждого ингредиента выражена в миллиграммах на 1 л воды. Низкими ПДК характеризуются токсичные ингредиенты, содержащие, в частности, ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, медь, бериллий и выражаемые нередко тысячными долями миллиграмма.

Для спуска сточных вод, содержащих радиоактивные ингредиенты, установлены специальные правила, при этом предусмотрены очень низкие концентрации, так, например, для кобальта-60 — не более $1 \cdot 10^{-8}$, для стронция-90 — всего $3 \cdot 10^{-11}$ кюри/л. Выпуск сточных вод с радиоактивными веществами в рыбохозяйственные водоемы не разрешается.

Показатели состава и свойств воды	Критерии по категориям водопользования	
	в водных объектах для хозяйственно-питьевого водоснабжения	в водных объектах для рыбохозяйственного водопользования
Взвешенные вещества Плавающие примеси (вещества) Запахи, привкусы и окраска	Не должны превышать 0,25 мг/л На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел и скопления других примесей Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более 2 баллов и сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыб. Окраска не должна обнаруживаться	Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и сообщать их мясу рыб
Температура	Летняя температура воды не должна повышаться более чем на 3° по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	Температура воды не должна повышаться по сравнению с естественной температурой водоема более чем на 5°
Реакция Минеральный состав Растворенный кислород	Кислотность воды не должна выходить за пределы pH 6,5–8,5 Количество сухого остатка не должно превышать 1000 мг/л Содержание не должно быть менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня	В зимний (подледный) период не менее 6 мг/л; в летний — не ниже 6 мг/л в пробе, отобранной до 12 часов дня
Ядовитые вещества	Не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать вредное влияние на здоровье населения	Не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать вредное воздействие на рыб и водные организмы, служащие для рыб кормовой базой

* Из «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», введенных в действие с 16 мая 1974 г.

Бактериальное загрязнение вод оценивается «колититром» — количеством кубических миллилитров воды, в котором обнаружена одна кишечная палочка.

Вода, используемая для промышленных целей, не должна представлять опасность для работающих, вызывать развитие коррозии и солевых отложений в оборудовании и ухудшать качество продукции. Вода, идущая на орошение сельскохозяйственных угодий, должна быть безвредной для растений и не должна ухудшать качество урожая и свойства почв.

В комплекс мероприятий, обеспечивающих снижение загрязнения водной среды биосферы, входят следующие.

1. Создание маловодной или безотходной технологии промышленного производства с замкнутыми водооборотными схемами, включающими промежуточную очистку или охлаждение воды и утилизацию отходов.

2. Совершенствование технологических процессов для снижения

объема отходов с захоронением в земных недрах обезвоженных или концентрированных растворов загрязнителей.

3. Использование различных методов очистки сточных вод, загрязненных промышленными и бытовыми отходами.

4. Снижение чрезмерной химизации сельскохозяйственного производства и лесного хозяйства, главным образом за счет расширения области применения и увеличения эффективности биологических и других агротехнических мероприятий, обеспечивающих защиту растений от болезней и вредителей, и угодий от сорняков.

5. Совершенствование конструкций танкеров, эксплуатации речного и морского флотов, технологии морской добычи нефти, обеспечивающее снижение количества нефтепродуктов, попадающих в Мировой океан; реализация мероприятий по очистке поверхности акваторий морских и речных портов от нефтезагрязнителей.

Сточные воды, загрязненные промышленными и бытовыми отходами, очищают механическим, химическим, физико-химическим и биохимическим способами. Механическая очистка, предназначенная для отделения нерастворимых веществ, осуществляется путем отстаивания, процеживания, фильтрования и центрифугирования сточных вод. Химическая и физико-химическая очистка применяется преимущественно для выделения из сточных вод коллоидных и растворенных загрязнителей. При химической очистке используют процессы коагулирования и нейтрализации, а физико-химическая очистка основана на процессах сорбции, флотации, электрохимического окисления. Биохимическая очистка применяется для сточных вод, уже очищенных от минеральных и нерастворенных органических веществ; в ней используется способность некоторых микроорганизмов потреблять и преобразовывать органические загрязнители, находящиеся в сточных водах в коллоидном или растворенном состоянии.

Некоторые загрязненные токсичные воды трудно или вообще не поддаются очистке, это преимущественно сточные воды химического производства. Они хотя и составляют около 3% от общего количества промышленных стоков, однако при высокой концентрации и токсичности нередко определяют степень загрязнения водоемов и водостоков. Такие воды закачивают в глубокие поглощающие горизонты земной коры, так как без подземного захоронения некоторого количества сточных вод невозможно обойтись. Подземное захоронение стало практиковаться за последние 10—20 лет в ряде промышленно развитых стран — СССР, США, Канаде, Франции, ФРГ и др. Сточные воды закачиваются через поглощающие скважины в глубоко-залегающие горизонты — коллекторы; через нагнетательные скважины в нефтеносные пласты при заводнении разрабатываемых нефтяных и газовых месторождений (это, в частности, позволяет экономить большое количество применяемых для заводнения пресных вод); в глубокие горные выработки отработанных месторождений твердых полезных ископаемых; в естественно или искусственно создаваемые полости (камеры). Захоронению сточных вод предшествуют крупномасштабные геологические и гидрогеологические исследования на глубинах до 9 км.

В Советском Союзе проведено районирование территории страны по условиям захоронения промышленных сточных вод в подземных горизонтах.

Загрязнение поверхностных и подземных вод наносит ущерб народному хозяйству. Методика экономической оценки этого ущерба тождественна с изложенной оценкой ущерба от загрязнения локальных участков воздушной среды. Реципиентами, на которые оказывают воздействие загрязненные воды, могут быть население, производственные и сельскохозяйственные водопотребители, подводные части сооружений, конструкций и оборудования. Наиболее существенные негативные последствия проявляются на реципиентах, находящихся в таких условиях, при которых отказ от потребления загрязненных вод невозможен (например, при орошаемом земледелии, в рыбном хозяйстве и пр.). Деля (по аналогии с изложенным в разделе 4.3) затраты, связанные с загрязнением вод на две группы, отнесем к затратам, направленным на предотвращение вредного воздействия на реципиентов, расходы, связанные с разбавлением сточных вод, с использованием более совершенных и дорогих способов очистки, с переносом водозабора или заменой водоисточника (например, скважины). Перечень затрат, относимых ко второй группе (затраты, вызываемые воздействием загрязненной воды) практически полностью тождествен с затратами, вызываемыми воздействием загрязненного воздуха. Определение экономической эффективности мероприятий, предупреждающих загрязнение водной среды, производится по формуле (4.2) при соответствующих значениях «У», «Д» и «З», применительно к водной среде. Сточные воды карьеров, рудников и шахт при значительных объемах после переработки широко используются в народном хозяйстве, поэтому дополнительный доход «Д» во многих случаях весьма существен.

5.5. ДИРЕКТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОХРАНЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Утвержденные Верховным Советом СССР в декабре 1970 г. «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик» являются основным законом, регламентирующим охрану водной среды в Советском Союзе. На базе этого документа создаются правительственные акты нормативного характера и республиканские водные кодексы.

В соответствии с законом на предприятия и организации, деятельность которых влияет на состояние водных объектов, возложены обязанности по охране вод от загрязнения, засорения и истощения, а также по улучшению состояния вод и их режимов. Под загрязнением понимается ухудшение качества природных вод в результате деятельности человека за счет попадания в них посторонних веществ, которые растворяются или сохраняются в виде взвесей, или за счет повышения температуры воды в летний период более чем на 3°, а в зимний — на 5° по сравнению с естественным уровнем температуры (тепловое загрязнение). Под засорением подразумевают качественное изменение русел водоемов вследствие попадания в них нерастворимых в воде отходов или предметов.

Обязанности водопользователей заключаются в проведении техно-

логических, гидротехнических, мелиоративных и других необходимых мероприятий, обеспечивающих охрану вод.

Законодательством запрещен сброс в водоемы производственных, бытовых и других отходов; сброс сточных вод не запрещается при выполнении ряда требований. На сброс сточных вод в реку, озеро, море необходимо разрешение органов по охране вод; в разрешении указывается место сброса, количество и вид сточных вод, их состав и степень очистки. Без дополнительных разрешений не допускается увеличение количества и загрязненности сточных вод; запрещено сбрасывать в водоемы сточные воды, содержащие отходы, которые целесообразно утилизировать.

В подземные водоносные горизонты сброс сточных вод регламентируется постановлением Совета Министров «Об усилении государственного контроля за использованием подземных вод и о мероприятиях по их охране» (1959) и Положением о порядке использования и охране подземных вод на территории СССР Министерства геологии и охраны недр СССР и Главной государственной санитарной инспекции СССР (1960).

Охране ресурсов питьевой воды уделяется особое внимание. Водные источники должны использоваться в первую очередь для удовлетворения бытовых потребностей населения; питьевая вода из подземных источников может быть использована для других целей только с разрешения органов по регулированию использования и охране вод.

В Основах законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах предусмотрено, что пользователи недр обязаны обеспечивать охрану природных объектов, в том числе вод, от вредного влияния производимых работ. Предприятия, ведущие подземные горно-строительные и горноэксплуатационные работы, должны осуществлять предупредительные мероприятия, обеспечивающие сохранность расположенных на поверхности водоемов. И наконец, добыча полезных ископаемых на водных объектах или в прибрежных полосах (зонах) водоемов, влияющая на состояние вод, разрешается только с согласия органов по регулированию использования и охране вод, исполкомов местных Советов депутатов трудящихся и других органов в соответствии с законодательством Союза ССР и союзных республик.

Сельские и поселковые Советы депутатов трудящихся наделены правом приостанавливать исполнение противоречащих законодательству по охране природы (в том числе и вод) решений руководителей предприятий и организаций. Районные (городские) Советы народных депутатов осуществляют государственный контроль за использованием и охраной вод; функции специально уполномоченных государственных органов по контролю выполняются Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР.

К главным директивным документам, регламентирующим использование и охрану вод в ГДР, относятся «Закон о защите, использовании и сохранении водоемов и защите от опасности паводков» (1963) и «Закон об охране и рациональном использовании воздушной и водной среды, растительного и животного мира, поверхности Земли, почвы и недр» (1970). В законах установлены основные положения пла-

номерного и экономного использования вод, забора питьевой и хозяйственной воды из источников, отвода и обработки после использования сточных вод, обеспечивающих защиту водоемов от загрязнения.

5.6. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ПРОЦЕССЕ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При разведочном бурении и проведении горных разведочных выработок вода используется в качестве активного агента для разрушения, упрочнения, перемещения и увлажнения пород. Помимо этого в разведочных скважинах и горных выработках обычно присутствует вода, поступающая из окружающих пород и с поверхности Земли. В горной промышленности такие воды называются соответственно «технологическими» и «сопутствующими», вполне правомерно их называть так и при проведении геологоразведочных работ. Эти воды в большей или меньшей степени загрязнены и, в свою очередь, становятся загрязнителями поверхностных и подземных вод.

Еще одним источником загрязнения на горных и геологоразведочных предприятиях, ведущих горные работы, являются воды, стекающие с породных отвалов, — это атмосферные воды, загрязняемые в процессе эрозии пород и подлежащие удалению с земельных отвалов. Все перечисленные виды загрязненных вод следует относить к промышленным сточным водам.

При бурении разведочных гидрогеологических и инженерно-геологических скважин количество и загрязнение сопутствующих вод зависит от геологических и гидрогеологических характеристик толщи пересекаемых скважинами пород, параметров скважин и в относительно небольшой мере от географических и климатических условий. Первоначальная загрязненность в основном определяется степенью минерализации вод подземных горизонтов, а также взвешенными веществами поверхностных и грунтовых вод. Загрязненность возрастает при перемещении сопутствующих вод по скважинам при сухом бурении или при смещивании с промывочными жидкостями.

Количество используемой технологической воды и ее загрязнение зависят от способа бурения, параметров скважин, состава и концентрации ингредиентов промывочных жидкостей и, наконец, от способа и интенсивности промывки. Промывочные жидкости могут содержать целый комплекс химических компонентов: щелочные соли, лигносульфоновые и гуминовые кислоты, гипан, танины, мыла нафтенных и сульфонафтенных кислот, щелочные электролиты, нейтральные или кислые соли, кислоты и др. В процессе бурения ионы этих соединений, попадая в пересекаемые скважиной водоносные пласты, загрязняют подземные воды. По окончании бурения, при удалении промывочной жидкости из скважины эти компоненты загрязняют поверхностные водоемы.

Если во время бурения скважины промывочной жидкостью обеспечивается межпластовое разобщение, то после проходки скважины разобщение водоносных пластов осуществляется цементным раствором. Однако далеко не всегда при этом разобщении исключается переток вод между пластами, который приводит к изменению химического состава

ва подземных вод и обводнению разведываемого или эксплуатируемого месторождения. Проникновение загрязнений в подземные воды интенсифицируется при осушении месторождений и шахтном (карьерном) водоотливе. Загрязнение подземных вод резко возрастает с увеличением количества скважин на разведываемом поле.

Бурение скважин в районах вечной мерзлоты сопровождается оттаиванием мерзлых пород; при этом увеличивается вероятность возникновения межпластовых перетоков. При прекращении буровых работ наблюдается смерзание талых пород, вследствие чего возникают поля напряжений в породном массиве вокруг скважины, приводящие к разрушению изолирующего пласты цементного кольца.

Первоначальное загрязнение сопутствующих вод при проведении горноразведочных выработок определяется, по существу, теми же факторами, что и при бурении разведочных скважин. Здесь в процессе проходческих работ степень загрязнения сопутствующих вод существенно возрастает главным образом за счет пылевых и грубодисперсных взвешенных породных частиц и при смешивании с технологическими водами. При небольших параметрах разведочных выработок количество сопутствующих вод, как правило, невелико (только в некоторых случаях оно значительно). В стволах шахт и штольнях с развитой сетью подземных разведочных выработок количество сопутствующих вод может быть весьма значительным; в открытых разведочных выработках в период ливневых дождей оно также существенно возрастает.

Состав сопутствующих вод в канавах и траншеях в основном определяется качеством поверхностных вод (верховодки); в шурфах — грунтовыми водами; в других подземных выработках — водами водонесных горизонтов.

В процессе проведения разведочных горных выработок технологическая вода расходуется в небольших количествах для промывки шпуров, а также для орошения и туманообразования в целях пылеподавления. Загрязняются эти воды дисперсными породными частицами и некоторыми химическими реагентами, вводимыми в промывочную жидкость в виде растворов, антифризных добавок и поверхностно-активных веществ.

При эксплуатационной разведке россыпных месторождений в ряде случаев применяется эффективный гидравлический способ проходки траншей. Технологическая вода расходуется при этом способе в больших количествах (в зависимости от свойств размываемых пород и высоты забоя удельный расход воды колеблется в пределах 5—20 м³/м³); загрязняется она породной взвесью, причем особенно сильно при наличии в песках тонкодисперсной глины.

В сточные промышленные воды ГРП включаются также атмосферные и поверхностные воды, загрязняемые вследствие водной эрозии породных отвалов, оставляемых около устья разведочных горных выработок.

Структура сточных вод, формирующихся на разведочных полях при бурении скважин и проведении горных выработок, представлена на схеме 7.

Вследствие широкого использования технологического, энергетичес-

номерного и экономного использования вод, забора питьевой и хозяйственной воды из источников, отвода и обработки после использования сточных вод, обеспечивающих защиту водоемов от загрязнения.

5.6. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ПРОЦЕССЕ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При разведочном бурении и проведении горных разведочных выработок вода используется в качестве активного агента для разрушения, упрочнения, перемещения и увлажнения пород. Помимо этого в разведочных скважинах и горных выработках обычно присутствует вода, поступающая из окружающих пород и с поверхности Земли. В горной промышленности такие воды называются соответственно «технологическими» и «сопутствующими», вполне правомерно их называть так и при проведении геологоразведочных работ. Эти воды в большей или меньшей степени загрязнены и, в свою очередь, становятся загрязнителями поверхностных и подземных вод.

Еще одним источником загрязнения на горных и геологоразведочных предприятиях, ведущих горные работы, являются воды, стекающие с породных отвалов, — это атмосферные воды, загрязняемые в процессе эрозии пород и подлежащие удалению с земельных отвалов. Все перечисленные виды загрязненных вод следует относить к промышленным сточным водам.

При бурении разведочных гидрогеологических и инженерно-геологических скважин количество и загрязнение сопутствующих вод зависит от геологических и гидрогеологических характеристик толщи пересекаемых скважинами пород, параметров скважин и в относительно небольшой мере от географических и климатических условий. Первоначальная загрязненность в основном определяется степенью минерализации вод подземных горизонтов, а также взвешенными веществами поверхностных и грунтовых вод. Загрязненность возрастает при перемещении сопутствующих вод по скважинам при сухом бурении или при смещивании с промывочными жидкостями.

Количество используемой технологической воды и ее загрязнение зависят от способа бурения, параметров скважин, состава и концентрации ингредиентов промывочных жидкостей и, наконец, от способа и интенсивности промывки. Промывочные жидкости могут содержать целый комплекс химических компонентов: щелочные соли, лигносульфоновые и гуминовые кислоты, гипан, таннины, мыла нафтеновых и сульфонафтеновых кислот, щелочные электролиты, нейтральные или кислые соли, кислоты и др. В процессе бурения ионы этих соединений, попадая в пересекаемые скважиной водоносные пласты, загрязняют подземные воды. По окончании бурения, при удалении промывочной жидкости из скважины эти компоненты загрязняют поверхностные водоемы.

Если во время бурения скважины промывочной жидкостью обеспечивается межпластовое разобщение, то после проходки скважины разобщение водоносных пластов осуществляется цементным раствором. Однако далеко не всегда при этом разобщении исключается переток вод между пластами, который приводит к изменению химического состава

ва подземных вод и обводнению разведваемого или эксплуатируемого месторождения. Проникновение загрязнений в подземные воды интенсифицируется при осушении месторождений и шахтном (карьерном) водоотливе. Загрязнение подземных вод резко возрастает с увеличением количества скважин на разведваемом поле.

Бурение скважин в районах вечной мерзлоты сопровождается оттаиванием мерзлых пород; при этом увеличивается вероятность возникновения межпластовых перетоков. При прекращении буровых работ наблюдается смерзание талых пород, вследствие чего возникают поля напряжений в породном массиве вокруг скважины, приводящие к разрушению изолирующего пласты цементного кольца.

Первоначальное загрязнение сопутствующих вод при проведении горноразведочных выработок определяется, по-существу, теми же факторами, что и при бурении разведочных скважин. Здесь в процессе проходческих работ степень загрязнения сопутствующих вод существенно возрастает главным образом за счет пылевых и грубодисперсных взвешенных породных частиц и при смешивании с технологическими водами. При небольших параметрах разведочных выработок количество сопутствующих вод, как правило, невелико (только в некоторых случаях оно значительно). В стволах шахт и штольнях с развитой сетью подземных разведочных выработок количество сопутствующих вод может быть весьма значительным; в открытых разведочных выработках в период ливневых дождей оно также существенно возрастает.

Состав сопутствующих вод в канавах и траншеях в основном определяется качеством поверхностных вод (верховодки); в шурфах — грунтовыми водами; в других подземных выработках — водами водоносных горизонтов.

В процессе проведения разведочных горных выработок технологическая вода расходуется в небольших количествах для промывки шпуров, а также для орошения и туманообразования в целях пылеподавления. Загрязняются эти воды дисперсными породными частицами и некоторыми химическими реагентами, вводимыми в промывочную жидкость в виде растворов, антифризных добавок и поверхностно-активных веществ.

При эксплуатационной разведке россыпных месторождений в ряде случаев применяется эффективный гидравлический способ проходки траншей. Технологическая вода расходуется при этом способе в больших количествах (в зависимости от свойств размываемых пород и высоты забоя удельный расход воды колеблется в пределах 5—20 м³/м³); загрязняется она породной взвесью, причем особенно сильно при наличии в песках тонкодисперсной глины.

В сточные промышленные воды ГРП включаются также атмосферные и поверхностные воды, загрязняемые вследствие водной эрозии породных отвалов, оставляемых около устья разведочных горных выработок.

Структура сточных вод, формирующихся на разведочных полях при бурении скважин и проведении горных выработок, представлена на на схеме 7.

Вследствие широкого использования технологического, энергетичес-



кого и транспортного оборудования с двигателями внутреннего сгорания сточные воды ГРП загрязняются отходами горючесмазочных материалов.

При незначительном количестве и кратковременности проведения работ (бурение неглубоких скважин, проходка мелких шурфов и канав) сточные воды практически не оказывают существенного влияния на загрязнение водоемов и водотоков, а иногда просто рассредоточиваются на локальных участках поверхности, увлажняя почвенный слой и испаряясь.

В других случаях сброс сточных вод осуществляют в ближайшие поверхностные водоемы и водотоки или применяют обратное водоснабжение с очисткой (осветлением) воды.

Своеобразное воздействие на поверхностные водоемы оказывают подводные взрывы зарядов ВВ при производстве сейсморазведочных работ. При этом загрязнение вод за счет взмучивания практически не столь существенно, так как количество и частота взрывов невелики; негативным экологическим последствием взрывов является их влияние на фауну водоемов. По аналогии с ударными воздушными волнами (см. § 4.14) при взрывах зарядов ВВ в водной среде образуются гидроударные волны; в зоне распространения этих волн на значительных расстояниях гибнут рыбы и другие обитатели водоемов. Например, при взрыве заряда ВВ массой 40 кг радиус поражения рыб превышает 200 м.

Эффективным мероприятием, снижающим давление на фронте гидроударной волны, служит формирование вокруг зарядов ВВ так называемых «пузырьковых завес». Пузырьковыми завесам придают форму боковой образующей поверхности цилиндра, по оси которого располагается подвешенной, донный или заглубленный заряд ВВ. Для образования завесы

на дно водоема опускается кольцо из согнутой перфорированной трубы, в которую по шлангу подается сжатый воздух. Струи воздуха, выходя из многочисленных двухмиллиметровых отверстий в стенке трубы, создают в водной среде пузырьковую завесу. Она резко снижает давление на фронте гидроударной волны и соответственно радиус зоны, опасной для обитателей водоемов (так для упоминавшегося заряда ВВ массой в 40 кг радиус опасной зоны снижается до 10 м).

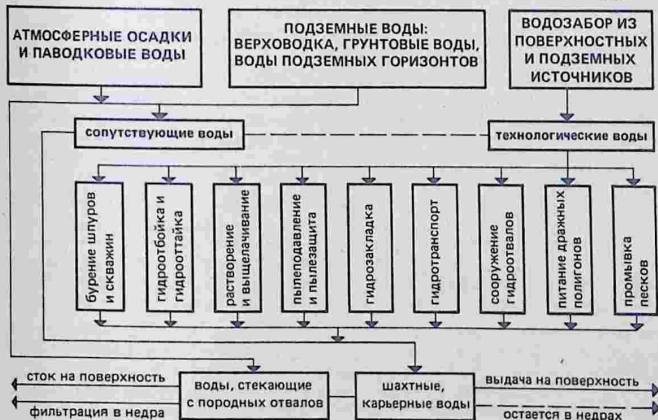
5.7. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Переходя к промышленным сточным водам предприятий горнодобывающей промышленности, отметим, что они оказывают более существенное влияние на состояние природной среды. В течение последних десятилетий, в связи с непрерывным и значительным увеличением объема продукции горного производства, количество сточных вод шахт, рудников, карьеров, а также обогатительных фабрик возрастает и экологические последствия загрязнения поверхностных и подземных вод приобретают все большие масштабы.

Промышленные сточные воды строящихся шахт, рудников и карьеров формируются преимущественно из сопутствующих вод атмосферного и подземного происхождения. Характер загрязнения этих вод аналогичен загрязнению вод при проведении горноразведочных работ, отличия сводятся к значительно большим объемам стоков и более высокой степени минерализации воды.

Как правило, сточные воды строящихся горных предприятий должны

Схема 8



подвергаться очистке; на первых порах для этого сооружаются и эксплуатируются временные очистные устройства. Начало добычных работ на шахтном или карьерном поле резко меняет ситуацию, процессы загрязнения сточных вод интенсифицируются, и значимость совершенствования мероприятий по защите природной среды от вредного влияния загрязненных стоков возрастает.

Главными составными частями промышленных сточных вод действующих горных предприятий являются шахтные (карьерные) воды, а также стоки атмосферных вод, загрязненные вследствие водной эрозии отвалов пустых пород и некондиционных полезных ископаемых. Структура промышленных сточных вод горных предприятий представлена на схеме 8 (в нее не включены сточные воды обогатительных фабрик).

Основной составляющей частью шахтных и карьерных вод являются сопутствующие воды, поступающие из водоносных горизонтов. Количество этих вод может быть весьма различным, в табл. 19 приведены характеристики водопритока в шахтах угольных бассейнов Советского Союза.

Нередко, особенно в угольных шахтах, количество сопутствующих вод резко возрастает вследствие внезапных прорывов воды из водоносных горизонтов, из затопленных ранее выработок и подрабатываемых поверхностных водоемов, а также прорывов паводковых и ливневых вод, при подработке оврагов и балок. Наиболее часты внезапные прорывы вод из водоносных горизонтов, наиболее многоводны прорывы паводковых вод. Например, внезапный прорыв паводковых вод увеличил количество поступающих сопутствующих вод в выработки шахты № 27-бис Подмосковского угольного бассейна на 27 тыс. м³/ч (шахта оказалась в аварийном состоянии и через 18 ч была затоплена). Прорывы воды часто сопровождаются интенсивным размывом и разрушением пород и выносом в выработки значительного количества песка, что приводит к увеличению загрязненности сопутствующих вод.

Степень минерализации сопутствующих вод увеличивается при системах разработки с обрушением и с магазинированием руд.

Технологические воды, объем которых при традиционных способах подземной разработки относительно невелик (редко превышает 10% от общего объема шахтных вод), загрязняются мелкодисперсными мине-

Таблица 19

Притоки, м ³ /ч	Донецкий		Кузнецкий		Карагандинский		Печорский	
	число шахт, %	общий приток, %	число шахт, %	общий приток, %	число шахт, %	общий приток, %	число шахт, %	общий приток, %
до 150	47,1	22,0	25,0	9,5	80,7	62,2	48,0	25,0
150—300	35,7	39,6	36,8	24,3	19,3	37,8	40,0	39,0
300—500	12,7	24,2	22,4	24,4	—	—	4,0	9,8
500—1000	4,0	10,9	11,8	25,8	—	—	8,0	26,2
более 1000	0,5	3,3	4,0	16,0	—	—	—	—

ральными частицами и химическими растворами при бурении шпуров, взрывных скважин и скважин подземного разведочного бурения (производимого в процессе эксплуатационной разведки), а также при пылеподавлении и пылезашите. Обогащение вод преимущественно мелкозернистыми частицами пород наблюдается также при гидрозакладочных работах.

При геотехнологических методах разработки технологические воды широко используются для растворения, выщелачивания и транспортировки полезных ископаемых. В данном случае эти воды не могут рассматриваться как загрязнители, к последним относятся химические ингридиенты, остающиеся в недрах, и водные отходы переработки «рассолов», выдаваемых на поверхность.

При открытой разработке месторождений количество сопутствующих вод определяется обводненностью пород и атмосферными осадками. Во многих случаях количество этих вод достигает больших значений, что усложняет и понижает эффективность горных работ. Для борьбы с ними, в первую очередь, проводятся различные дренажные мероприятия; в период строительства карьеров расходы на дренаж нередко составляют до 20—30% от общей стоимости работ, в эксплуатационный период они также велики.

К основным источникам загрязнения сопутствующих вод относятся массы разрушенных пород и полезного ископаемого в забоях, внутренние отвалы вскрышных пород и эрозирующая поверхность (особенно нерабочих) бортов карьера. Воды, стекающие с внешних породных отвалов и с отвалов некондиционных полезных ископаемых, в относительно небольших количествах поступают в выработки карьера через борта или по поверхности. Причем эти воды становятся при открытой (и подземной) разработке источниками загрязнения поверхностных водоемов и подземных вод.

Технологические воды при открытой разработке рудных, угольных и нерудных месторождений используются в умеренных количествах для бурения скважин, пылеподавления и в значительных количествах для гидроотбойки, гидротранспортировки и сооружения гидроотвалов вскрышных пород.

Одна из особенностей разработки россыпных месторождений состоит в объединении в единый технологический процесс производственных операций отбойки и транспортировки песков с их первичным обогащением. На основании этого воды, загрязняемые при промывке песков, включены в схему формирования сточных вод горных предприятий (см. схему 8).

При открытой разработке россыпей используется значительное количество технологических вод, так как гидрооттайка мерзлых и гидроотбойка талых пород, транспортировка разрушенных пород по полигону, сооружение гидроотвалов и промывка песков являются водоемкими процессами. На гидравлических разработках расход технологической воды составляет в среднем от 10 до 50 м³ на каждый кубометр перерабатываемой горной массы. Воды, заполняющие дражные разрезы, безусловно следует относить к технологическим водам.

Промышленные сточные воды горных предприятий могут характери-

зоваться повышенной кислотностью, щелочностью, соленостью, жесткостью и мутностью; они загрязнены твердыми и коллоидными частицами пород и полезных ископаемых, обогащены химическими веществами, содержат органические и бактериальные загрязнители. В последние десятилетия расширение области применения в подземных выработках самоходного оборудования, высокомеханизированных проходческих и добычных комплексов со сложными сетями гидросистем управления, а в открытых горных выработках — мощного транспортного и технологического оборудования с двигателями внутреннего сгорания привело к повышению загрязнения шахтных и карьерных вод нефтепродуктами.

5.3. ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В процессе буровых и горных работ спонтанно или преднамеренно в локальных масштабах меняется распределение подземных и поверхностных вод. Грунтовые и пластовые воды в больших или меньших количествах выдаются на поверхность, изменяя водный режим в районе проведения работ, что приводит к отрицательным последствиям — обезвоживанию используемых ранее водоисточников, деградации растительного покрова и пр.

При геологоразведочных работах изменения режимов поверхностных и подземных вод незначительны.

В некоторых сравнительно редких случаях во время проходки горно-разведочных выработок в водоносных породах проводятся дренажные работы с использованием водопонижающих скважин, в других — используются довольно мощные водоотливные установки. Примером первого может служить практика проходки шурфов на разведочном поле Амурской экспедиции (приток воды более 30 м³/ч); примером второго — разведка Горевского месторождения в западной части Енисейского края, в процессе которой водопиток в горизонтальные выработки неглубокой разведочной шахты составлял 400—480 м³/ч. Естественно, что при столь значительных количествах выдаваемой на поверхность воды наблюдаются временные изменения режимов подземных вод.

Постоянные, как правило, небольшие изменения режимов поверхностных и подземных вод наблюдаются в местах неликвидированных разведочных штолен, сохраняемых для водохозяйственного использования магистральных разведочных канав, а также при некачественном ликвидационном тампонаже разведочных скважин.

В процессе разработки полезных ископаемых происходят более существенные изменения гидрогеологической ситуации в районе проведения работ, сводящиеся к истощению статических запасов вод и нарушению гидродинамических параметров (изменение уровня режима, скоростей и направления фильтрации, понижение напоров и образование депрессионных воронок). Охарактеризуем кратко эти изменения при строительстве и эксплуатации шахт и карьеров.

Строительство горных предприятий для подземной разработки сопровождается обычно не очень большими изменениями водных режимов, вызываемых мелиоративными работами на поверхности (в частности, отвод русла реки или ручья), водопонижением, осуществ-

ляемым в основном для облегчения проходческих работ, и откачкой на поверхность вод, поступающих в выработки.

С началом и по мере развития добычных работ на шахте масштабы изменений водных режимов увеличиваются. Интенсивность этого увеличения определяется площадью обнажений пород, граничащих с очистными и подготовительными выработками, нарушениями толщи пород, перекрывающих месторождение, особенно значительными при системах разработки с обрушением.

В процессе подготовки водоносных россыпей производятся осушительные работы, заключающиеся в отведении речных вод за пределы шахтных полей по руслоотводным канавам и системам осушающих выработок.

Самые существенные изменения гидрогеологических условий в горнопромышленных районах наблюдаются при строительстве карьеров и открытой разработке месторождений. Наличие поверхностных и подземных вод усложняет и повышает опасность работ по вскрытию, вскрыше и выемке полезных ископаемых. Поэтому до начала горных работ и в их процессе осуществляют мероприятия по осушению породных массивов. Объемы осушительных (дренажных) работ и технология их выполнения устанавливаются в зависимости от целого ряда географических и геологических факторов, обводненности месторождений, масштабов и способов их разработки.

Наиболее простым осушительным мероприятием является «открытый водоотлив», при котором поступающая в выработки вода по водоотводным канавам или траншеям стекает в водосборники и откачивается за пределы карьерного поля. При значительной водоносности пород, характеризующихся повышенной водопроницаемостью, широко используются водопонижающие скважины, оборудуемые погружными насосами. В практике осушения карьеров в ГДР водопонижающие скважины большого диаметра и глубины (ϕ до 1 м, H до 200 м) получают все большее распространение. При большой водоносности пород и невысокой их проницаемости применяется шахтный способ осушения: за границами карьерного поля располагаются шахтные стволы, из которых проходит комплекс подземных горизонтальных дренажных выработок. Эффективность осушения увеличивается при комбинации скважин и горных выработок. При сложных гидрогеологических условиях часто в СССР (например, на карьерах Курской магнитной аномалии КМА) применяется комбинированное осушение (открытый водоотлив сочетается с горизонтальными и вертикальными водопонижающими скважинами, дренажными траншеями и подземными горными выработками).

Приведем несколько примеров из практики осушительных работ на карьерах Советского Союза, иллюстрирующих их масштабность и последствия. При проектировании карьеров Соколовско-Сарбайского рудоуправления, находящегося в Казахской ССР, были установлены прогнозные притоки подземных вод в 1600–3000 м³/ч, с учетом которых был сооружен комплекс водопонижающих скважин и дренажных горных выработок. На рис. 16 представлены изменения уровня подземных вод в борту Соколовского карьера при вводе в эксплуатацию водопони-

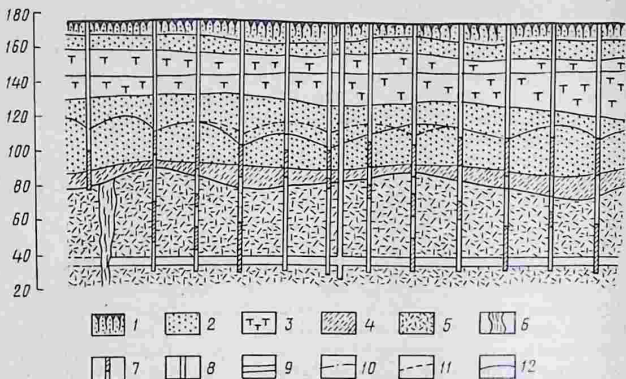


Рис. 16 Изменение уровня подземных вод в борту Соколовского карьера

1 — супеси и пески; 2 — пески; 3 — опоки; 4 — глины коры выветривания; 5 — альбитофиты; 6 — зона тектонического нарушения; 7 — дренажные скважины; 8 — вентиляционно-водоотливный ствол; 9 — дренажные штоки; 10 — пьезометрический уровень воды при работе водопонижающих скважин; 11 — динамический уровень воды при работе водопонижающих скважин; 12 — то же после вскрытия скважин дренажным штоком

жающих скважин и при подсечке последних дренажной выработкой.

Месторождения КМА в течение длительного времени не разрабатывались из-за большой обводненности пород (за этот период были проведены крупномасштабные мероприятия по осушению). Строительство первого Лебединского карьера было начато в 1956 г., дренажная система карьера была введена в действие в 1958 г., с 60-х годов через сеть скважин и выработок непрерывно откачивалось 2100—2200 м³/ч подземных вод, а из карьера — более 660 м³/ч.

На Михайловском карьере при многолетней откачке воды через дренажные выработки в объеме 850 м³/ч уровень подземных вод в породах, подлежащих вскрыше, понизился на 40 м. Изменения режима подземных вод с заметными последствиями на растительный покров земной поверхности отмечаются на расстоянии 50—60 км от карьеров; вопросы водоснабжения предприятий и населения района перерастают в серьезную проблему. В настоящее время на действующих карьерах КМА откачивается за год около 100 млн. м³ воды.

На карьерах Германской Демократической Республики откачивается примерно в пять раз больше воды, чем добывается угля. Годовой объем выдаваемой на поверхность воды составляет 1500 млн. м³; вокруг карьеров района Нидерлауз понижение уровня грунтовых вод сказывается на состоянии лесов и в ряде случаев на продуктивности сельскохозяйственного производства.

В районах месторождений, разрабатываемых открытым способом, наибольшее влияние на преобразование режимов поверхностных и подземных вод оказывают масштабы дренажных и водоотливных работ и взаимодействие поверхностных природных и технических водоемов с подземными водами. В подавляющем большинстве случаев карьерные сточные воды сбрасываются в поверхностные водотоки, так, например, около 70% вод, откачиваемых при осушении месторождений КМА и бурогольных месторождений ГДР, поступает в реки, резко меняя их водные режимы. При этом увеличение речного стока сопровождается истощением запасов подземных вод. Во многих горнопромышленных районах СССР (КМА, Кривом Роге, Донбассе, Кузбассе и др.) формируются обширные региональные депрессии грунтовых вод.

Карьерные воды, поступающие в технические водоемы — пруды, различного вида отстойники, могут оказывать существенное влияние на статические запасы и гидродинамические режимы подземных вод.

При открытой добыче полезных ископаемых из россыпных месторождений изменения водных режимов являются, в первую очередь, следствием предварительного осушения торфов и песков, осуществляемого при гидравлическом, бульдозерном и экскаваторном способах разработки с помощью руслоотводных и дренажных канав. Различные гидротехнические сооружения — канавы, дамбы, водоотстойники, располагающиеся на месте горных работ, а также гидравлические отвалы перераспределяют массы технологических вод (особенно значительные при гидравлических работах), вызывая изменение поверхностных и подземных водных режимов.

При дражной разработке разрез заполняется водой в количестве, необходимом для свободного маневрирования драги. В дальнейшем подача воды в разрез необходима для восполнения ее утечки от просачивания через плотину и стока, осуществляемого из карьера для освещения в нем воды. Дражные разработки характеризуются интенсивным влиянием на изменение режимов поверхностных и подземных вод.

5.9. МЕРОПРИЯТИЯ, СНИЖАЮЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД И ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ РЕЖИМОВ

Изменение физико-химических характеристик и режимов природных вод при разведке и разработке месторождений приводит к сокращению запасов пригодной для использования воды, затрудняет водоснабжение, вызывает снижение плодородия почв, деградацию растительного покрова и даже деформацию ландшафтов.

Негативные последствия могут иметь локальный характер или распространяться на значительные расстояния от места производства горных работ. Так, в районе Аппалачей (США) на значительных по протяженности участках рек, загрязненных стоками карьеров и шахт, кислотность воды характеризуется показателем pH 2. Отметим, что допустимая кислотность воды, используемой в промышленном производстве, не должна быть менее pH 4, а для поддержания жизнедеятель-

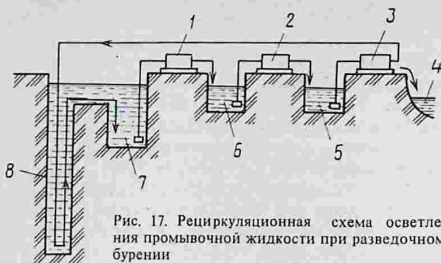


Рис. 17. Рециркуляционная схема осветления промывочной жидкости при разведочном бурении

ности рыб необходимо, чтобы показатель кислотности был не менее 6.

Мутность воды многих малых рек в северо-восточных районах Советского Союза, загрязненной сточными водами дражных разработок россыпных месторождений, может снижать эффективность промысла ценных пород рыб.

Улучшение качества сточных вод. Мероприятия по снижению отрицательных последствий, связанных с выдачей загрязненных сточных вод из разведочных скважин и выработок, шахтных и карьерных вод, заключаются в очистке этих вод и снижении их количества.

При бурении разведочных скважин применяется обратное водоснабжение — выдаваемая из скважины вода подвергается очистке и вновь поступает в забой скважины. Количество воды, подаваемой в замкнутую систему водооборота, и сбрасываемой сточной воды зависит от водопоглощения пород, поступления в скважину из породного массива подземных вод и физико-химических характеристик бурового шлама.

Технология промежуточной очистки воды, выдаваемой из буримой скважины, довольно проста. Рециркуляционная схема осветления промывочной жидкости (рис. 17) включает насосы 1, 2, 3, зумпфы-отстойники, называемые иногда «земляными амбарами» 5, 6, 7 и ствол скважины 8. Подача промывочной жидкости в скважину осуществляется насосом 3, из скважины она самотеком переливается в зумпф 5, а затем после отстаивания последовательно перекачивается в зумпфы 6 и 7. После окончания бурения скважины вся промывочная жидкость перекачивается в зумпфы, из которых впоследствии транспортируется на соседние буровые промплощадки или сливается в водоем 4.

Предотвращение поступления значительного количества промывочной жидкости в водоносные пласты обеспечивается технологическими мероприятиями буровых работ, включающими контроль за изменениями параметров промывочной жидкости (плотности, водоотдачи, стабильности и т. д.), плавность пуска и остановки насосов, снижение гидравлических сопротивлений при спуск-подъемных операциях (во избежание превышения гидравлического давления в скважине по сравнению с пластовым).

Важнейшими мероприятиями по снижению загрязнения подземных вод при разведке месторождений бурением является осуществление надежного крепления скважин и качественного ликвидационного томпажа, обеспечивающего наиболее полное межпластовое разобщение водоносных горизонтов.

При проведении разведочных горных выработок, если количество и загрязненность сточных вод незначительны, допускается сброс их на поверхность без очистки; характерно это для стадий поисков и предварительной разведки канавами, неглубокими шурфами и малометражными штольнями. В тех случаях, когда масса сточных вод велика, должны решаться вопросы целесообразного их отвода и использования. При значительной загрязненности этих вод применяются преимущественно простейшие (из описанных ниже) методы водоочистки.

Мероприятия по улучшению качества сточных вод, реализуемых при разработке месторождений. Методы очистки загрязненных вод основываются на физических, химических, физико-химических и биохимических процессах. Сточные воды шахт и рудников могут быть загрязнены в различной степени, что определяет возможность и направление их использования после соответствующей очистки. Так, например, по степени минерализации сточные воды шахт Донбасса делят на три группы. К первой группе относят незначительное количество сточных вод (около 10% от общего стока), которые по своему составу приближаются к водам, используемым для хозяйственно-питьевых целей. Эти воды характеризуются жесткостью менее 7 мэкв/л и минерализацией до 2000 мг/л; после физической и биохимической очистки они становятся пригодными для технологических (промышленных и сельскохозяйственных) нужд. Воды второй группы при такой же минерализации имеют жесткость 8–14 мэкв/л, они пригодны для технологических целей после физической, химической и биохимической очистки. Отнесенные к третьей группе воды с жесткостью более 14 мэкв/л и минерализацией выше 2000 мг/л требуют перед употреблением в технологических целях сложного комплекса очистки, включающего в себя физические, химические, физико-химические и биохимические процессы.

Рассмотрим процессы и технические средства улучшения качества сточных вод горных предприятий.

Осветление воды достигается путем отстаивания и фильтрования. При отстаивании взвешенные грубодисперсные минеральные частицы осаждаются под действием гравитационных сил; осаднение начинается при определенной скорости потока жидкости, в неподвижном потоке осветление осуществляется наиболее интенсивно. При фильтровании взвешенные частицы задерживаются на фильтрах.

Мелкодисперсные и коллоидные частицы, содержащиеся в воде, медленно или совершенно не осаждаются даже в неподвижном потоке и не задерживаются в фильтрах. Поэтому для осветления в воду добавляют в небольших количествах коагулянты или флокулянты — реагенты, переводящие мелкодисперсные и коллоидные частицы в относительно крупные хлопья, выпадающие в осадок или задерживаемые фильтрами. К наиболее употребляемым коагулянтам относятся гидросульфаты алюминия и железа, хлорид железа, железный купорос,

отходы металлургического производства, содержащие в значительных количествах соли алюминия и железа; флокулянтами служат высокомолекулярные растворимые в воде вещества — активная кремниевая кислота, вещества, получаемые из растительного сырья, — крахмал, целлюлоза, эфиры, гуаровые смолы; синтетические органические полимеры — полиакриламид, полиоксатилен и др.

Кислые шахтные воды, содержащие свободную минеральную кислоту (чаще всего серную), в процессе очистки нейтрализуются различными щелочами и солями, наиболее употребительными из которых являются гидроксид кальция (гашеная известь), известняки, доломит, магнезит, мел. Шахтные воды, содержащие повышенное количество солей, опресняются; наиболее распространенные методы опреснения — дистилляция, электродиализ. Однако до настоящего времени опреснение шахтных вод не выходит за рамки экспериментальных исследований. Обеззараживание шахтных вод наиболее широко осуществляется при воздействии на бактериально загрязненную воду сильных окислителей, в качестве которых обычно применяется хлор, хлорная известь, гипохлорит натрия и озон.

Осветление вод способом отстаивания осуществляется в водоотстойниках различной конструкции (горизонтальных, вертикальных и радиальных), относительно небольших котлованах, подземных горных выработках и своеобразных прудах.

Фильтрацию проводят с помощью фильтров, заполненных кварцевым песком, дробленным гравием, коксовой мелочью, а также через массу разрушенных пород.

Нейтрализацию вод проводят в гидравлических смесителях, механических мешалках и в фильтр-нейтрализаторах, при фильтровании пород через плотины, сооруженные из известковых пород.

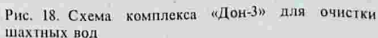
При обеззараживании шахтных вод газообразным хлором используются специальные приборы-хлораторы (напорные и вакуумные); обеззараживание раствором хлорной извести осуществляется в несложных установках, состоящих из баков. Озонирование проводят посредством барботажа озонированного воздуха.

В процессе строительства горных предприятий для подземной разработки месторождений водопритоки могут быть достаточно велики и вопросы очистки шахтных вод в ряде случаев приобретают значительную актуальность. При этом на поверхности устраиваются временные (на период подземных строительных работ) или постоянные сооружения для очистки и, если это необходимо, нейтрализации вод.

Очистка, нейтрализация и обеззараживание шахтных вод во время разработки месторождения осуществляются в подземных выработках и на поверхности.

В подземных горных выработках реализуется комплекс мероприятий, предназначенных для предупреждения загрязнения шахтных вод и их очистки (осветления). К мероприятиям, предупреждающим или ограничивающим степень загрязнения вод мелкодисперсными минеральными частицами, относятся различные методы обеспыливания шахтного воздуха — увлажнение угольного массива за счет нагнетания воды в пласт,

Предварительная очистка вод в подземных горных выработках упрощает комплекс очистных сооружений на поверхности. Приведем одну из технологических схем очистки шахтных вод в подземных выработках и на поверхности, получившую название «Дон-3» и эксплуатируемую на шахте «Южная» ПО «Ростовуголь» (рис. 18). В соответствии с технологической схемой загрязненная вода, направляемая в участковый водосборник 14, частично отстаивается, затем подается насосом на вышерасположенный горизонт, поступает в выработанное пространство, заполненное обрушенными породами 13 и фильтруется через них. Отфильтрованная вода стекает в водоотливную канавку откаточного



штрека 12 и далее в водоотстойник шахтного водоотлива 11 (очищаемый от оседающего шлама с помощью гидроэлеватора 10), просачивается через перегородку 9 в водосборник 8, дополнительно осветляется в нем и через поплавковый всас 7 подается в водозаборные колодцы 6. На этом заканчивается предварительная очистка воды в подземных выработках, и она выдается на поверхность насосами шахтного водоотлива 5. На поверхности вода подвергается дополнительной очистке от механических примесей в песчаных напорных фильтрах 2, проходит бактериологическое обеззараживание в хлораторной 1 и направляется на сброс. Цифрами 3, 4 и 15 на схеме обозначены соответственно дозирующая емкость для песка, загружаемого в фильтры; гидроэлеватор, осуществляющий эту загрузку, и склад, из которого песок подается также гидроэлеватором в дозирующую емкость.

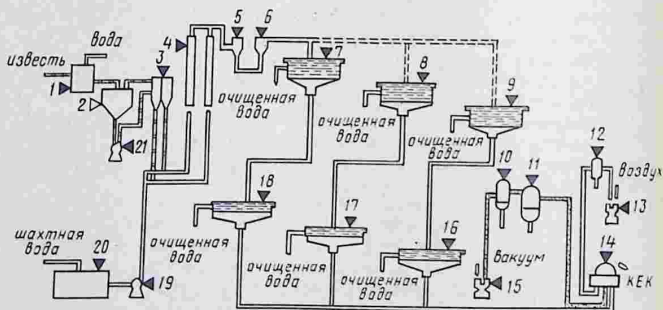


Рис. 19. Схема нейтрализации кислых шахтных вод:

воспроизведена одна из технологических схем нейтрализации кислых шахтных вод. Особенность технологии нейтрализации по этой схеме заключается в разделении выдаваемой из недр воды на два потока, каждый из которых подвергается различной степени нейтрализации (до pH 5 и 11,5) с образованием в одном из потоков положительно, а в другом отрицательно заряженных частиц гидроксидов железа. Смешение потоков обеспечивает получение нейтральной воды, причем по сравнению с однорежимной нейтрализацией увеличивается в 2 раза скорость осаждения взвеси и уменьшается на 30–40% объем осадков.

При открытой разработке месторождений карьерные воды, централизованно выдаваемые на поверхность, проходят через соответствующие очистные устройства; мероприятия по улучшению качества карьерных вод, по-существу, аналогичны уже изложенным, но характеризуются крупномасштабностью.

Интереснейшим примером предотвращения загрязнения сточными водами поверхностных водоемов и, в частности, изменения режима подземных вод может быть практика открытой разработки горно-химических руд на одном из карьеров в районе Прикаспийского солянокупольного поднятия. При расположении карьера в мощном водоносном горизонте сильно минерализованных вод было принято решение не производить осушение карьерного поля и водоотлив, чтобы не загрязнять сточными водами близрасположенного озера, содержащего большие запасы высококачественной пищевой соли. В результате в обводненном карьере осуществляется подводная выемка части скальных пород вскрыши и руды: бурение взрывных скважин осуществляется с плавающих буровых установок, а уборка ведется драглайнами с береговых вскрышных уступов.

На горно-обогатительных камбинатах (ГОКах) составной частью сточных вод являются промышленные стоки обогатительных фабрик, характеризующиеся весьма большой загрязненностью (вопросы очистки этих вод в данном параграфе не рассматриваются, как не относящиеся непосредственно к производству горных работ).

Учитывая специфику технологии разработки россыпных месторождений (неотъемлемой частью которой является обогащение песков), рассмотрим очистку промышленных сточных вод, включающих загрязненные воды, поступающие с промприборов. Наибольшее количество технологической воды используется при дражной и гидравлической разработках россыпных месторождений. Этим способам свойственна и более высокая загрязненность промышленных стоков, приводящая даже к засорению («заиливанию») речных русел. Основными загрязнителями воды являются взвешенные минеральные частицы различной дисперсности, песок, ил и глина; особенно стойким загрязнителем считаются породы, содержащие мелкодисперсную глину.

Количество взвешенных минеральных частиц в воде дражного разреза в зависимости от содержания глины в перерабатываемых породах может колебаться в широких пределах от 1–5 до 350 г/л (отметим, что если оно превышает 150–200 г/л, то извлечение металла при промывке песков снижается). С учетом этого через дражный, заполненный водой разрез пропускают водный поток, снижающий концентрацию взвеси;

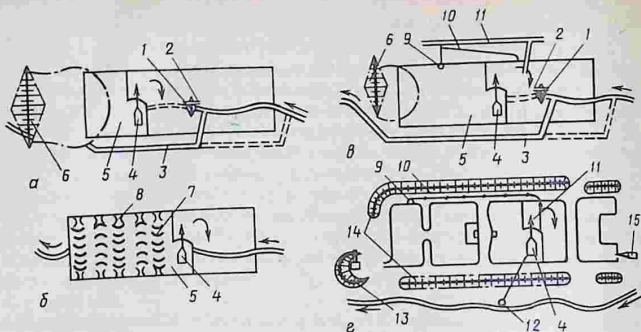


Рис. 20. Схемы дражных разработок с незамкнутым и замкнутым водоснабжением:

а — с русловой отводной канавой и прудом-отстойником, *б* — с фильтрационными породными перемычками в разрезе; *в* — с руслоотводной канавой и водоотстойником; *г* — с водоотстойниками в выработанном пространстве; 1 — плотина и перемычка; 2 — водопропускная труба; 3 — русловая канава; 4 — драга; 5 — дражный разрез; 6 — пруд-водоотстойник; 7 — дражные отвалы; 8 — фильтрационные перемычки; 9 — насос для подачи воды в разрез; 10 — напорный водопровод; 11 — водоподводящая канава; 12 — насос для подпитки системы водоснабжения; 13 — первоначальный водоотстойник; 14 — отвалы торфов; 15 — вскрышной экскаватор

при работе драг с черпаком вместимостью 250 л количество воды, подаваемой в разрез, составляет от 60 до 400 л/с.

Очистка сточных вод при разработке россыпных месторождений осуществляется в основном в процессе отстаивания их в специально сооружаемых поверхностных водоемах. При дражной разработке сооружаются пруды — отстойники, вмещающие до 1–6 млн. м³ воды; помимо этого при разработке россыпей в разрезе на пути движения воды устраиваются из гальки дражных отвалов фильтрационные перемычки. На рис. 20 представлены схемы дражных разработок при незамкнутом (прямоточном) и оборотном водоснабжении. Незамкнутое водоснабжение (рис. 20, *а*, *б*) применяется преимущественно при сложных топографических условиях и относительно небольших дебитах рек. Оборотное (замкнутое) водоснабжение дражных разработок, представленное на рис. 20, *в*, *г*, целесообразно как в отношении снижения загрязнения рек, так и более экономного расходования водных ресурсов. Как показано на рис. 20, *г*, в выработанном пространстве размещаются последовательно расположенные водоотстойники, вместимость которых может достигать значительных величин, особенно при большой мощности торфов, отсыпаемых при вскрышных работах экскаватором в высокие продольные отвалы.

Длительность отстаивания, а в соответствии с этим и вместимость водоотстойников могут быть существенно сокращены при осветлении воды химическими реагентами: коагулянтами и флокулянтами. Применение последних в случае оборотного водоснабжения позволяет при ограниченном поступлении чистой воды снижать мутность технологи-

ческой воды в разрезе до предела, обеспечивающего условия эффективной промывки песков.

При гидравлических разработках россыпных месторождений на отвалы поступают мощные потоки гидросмесей, сток загрязненной воды с которых направляется в водоотстойники, при этом, как и при дражных разработках, обратное водоснабжение обеспечивает наибольшую эффективность водоохранных мероприятий.

В дорекультивационный период породные отвалы, расположенные на земельных отводах карьеров и шахт, а также на разведываемых полях геологоразведочных партий, при таянии снегов или дождях (особенно ливневых) становятся, как уже упоминалось, источниками загрязнения поверхностных и подземных (преимущественно грунтовых) вод. Атмосферная вода, попадая на отвал и стекая с его боковых поверхностей, загрязняется вследствие эрозии пород, а при фильтрации через породную толщу в большей или меньшей степени минерализуется.

Снижение интенсивности эрозийных процессов может быть достигнуто за счет выбора определенного соотношения между высотой отвала и углами его откосов, определяющих скорость стекающей с отвала воды. Так, например, на карьерах Кривбасса в результате натурных наблюдений за состоянием откосов отвалов суглинков было установлено, что водная эрозия практически отсутствует при

$$\alpha \leq \sqrt[3]{\frac{5,6 \cdot 10^4}{H - 3,1}}, \quad (5.1)$$

где α — угол откоса отвала, град; H — высота отвала, м.

Снижение инфильтрации минерализованных вод в почвы достигается путем перекрытия основания отвалов (до отсыпки пород) слоем глины мощностью 1–1,5 м. Скапливающиеся у основания отвалов воды при значительном их загрязнении целесообразно с помощью мелиоративных сооружений формировать в централизованный сток и направлять в очистные устройства, в частности водоотстойники.

Ограничение изменения водных режимов. Осушение месторождений, осуществляемое для повышения эффективности и безопасности горных работ, может сопровождаться, как уже упоминалось, отрицательными экологическими последствиями. При этом очистка выдаваемых из горных выработок вод — одно из средств сокращения ущерба, наносимого природной среде. Другим перспективным мероприятием является изоляция карьерного поля или его части от окружающих водоносных горизонтов. Последнее, в свою очередь, влечет к сокращению объемов работ по дренажу, водоотливу и очистке вод. Полная или частичная изоляция карьерных полей от водоносных горизонтов возможна за счет сооружения в массивах горных пород противофильтрационных завес (водонепроницаемых диафрагм, или барражей). Противофильтрационные завесы (ПФЗ) в последнее время находят применение в СССР и в ряде зарубежных стран преимущественно при подземном и гидротехническом строительстве.

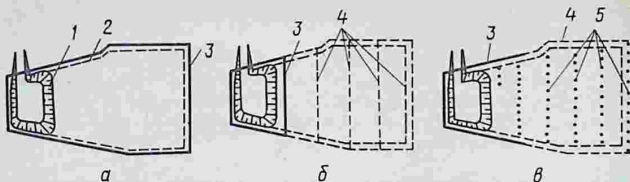


Рис. 21. Схемы сооружения противofильтрационных завес в карьерах:

1 — контур карьера; 2 — запроектированный контур карьера; 3 — сооруженная противofильтрационная завеса; 4 — запроектированная противofильтрационная завеса; 5 — водопонижающие скважины

Применительно к открытой разработке месторождений наиболее целесообразным представляется сооружение противofильтрационных завес траншейного типа. При этом вокруг изолируемого участка проводятся узкие и глубокие (до водоупорного пласта) траншеи, заполняемые водонепроницаемыми материалами. Проведение траншей осуществляется с помощью буровых установок или специальных барражных машин; ширина траншей от 0,3 до 1,2 м и более, глубина до 100 м. Траншея заполняется нетвердеющими глино-грунтовыми смесями или твердеющими материалами на основе цементов и силикатов; нередко водонепроницаемость завесы обеспечивается также размещаемой в траншее синтетической пленкой.

Схемы сооружения противofильтрационных завес представлены на рис. 21, в схеме «а» предусматривается изоляция завесой всего карьерного поля, на котором затем производятся соответствующие осушительные и горные работы; по схеме «б» вначале строительства карьера изолируется только один из его участков, по мере развития горных работ осуществляется ограждение второго участка и т. д.; по схеме «в» карьер изолируется только со стороны нерабочих бортов (воды, поступающие со стороны рабочего борта, перехватываются водопонижающими скважинами). По мере передвижения фронта горных работ за пределами боковых бортов карьера с опережением наращиваются ветви противofильтрационной завесы, а в пределах контура карьера бурятся ряды водопонижающих скважин.

Экономическая целесообразность использования противofильтрационных завес при открытой разработке месторождений и область применения той или иной технологической схемы зависят от целого ряда геологических, гидрогеологических и горнотехнических факторов и определяется для каждого конкретного случая расчетным путем.

Приведем краткое описание оборудования и технологии сооружения противofильтрационной завесы на одном из карьеров Лаузицкого бурого угольного бассейна в ГДР. Проходка траншеи осуществляется с помощью барражной машины своеобразной конструкции 1 (рис. 22), оборудованной буровым станком с насосом, сваей со станком горизонтального фрезерования породы 3, грейферной установкой 2 для выемки из забоя крупных валунов и пульпопроводом. Производственные операции технологического процесса проходки сводятся к следующим:

бурение скважины на глубину противofильтрационной завесы, установка сваи, являющейся одновременно всасывающим трубопроводом, перемещение по свае сверху вниз фрезерного станка, осуществляющего разрушение породного уступа заходки; откачка из забоя промывочного раствора, обогащенного разрушенной породой. При достижении дна траншеи фреза поднимается на поверхность и свая перемещается

на 2 м в направлении к забою. Устойчивость стенок траншеи обеспечивается промывочным глинистым раствором с химическими реагентами, имеющими плотность до $1,5 \text{ т/м}^3$.

Сооружение противofильтрационной завесы осуществляется по-секционно (блоками); в передовой секции производятся проходческие операции, соседняя с ней секция заполняется горной массой. Секции отделяются одна от другой металлической перегородкой, спускаемой на канатах по пазам в стенах траншеи. В результате значительной разницы между уровнем пульпы в траншее и уровнем грунтовых вод, а также в связи с их различной плотностью наблюдается кальматация стенок траншеи с образованием гидроизоляционной корки толщиной до 6 см. В настоящее время параметры сооруженной противofильтрационной завесы таковы: ширина 2 м, глубина до 90 м, длина свыше 500 м.

В бортах карьеров, представленных трещиноватыми, сильнопористыми или рыхлыми водопроницаемыми породами, могут сооружаться и так называемые инъекционные противofильтрационные завесы, широко применяющиеся в гидротехническом строительстве. Технология сооружения этих завес заключается в бурении сближенных скважин и нагнетании в них тампонажных цементных, глиноцементных или силикатных растворов и различных синтетических смол. Проникая в трещины и поры, схватываясь или твердея в них, эти растворы укрепляют породный массив, придавая ему водонепроницаемость. К основному оборудованию, используемому для сооружения инъекционных завес, относятся буровые станки, растворомешалки, смесители, насосы и трубопроводы. Расстояние между линейно располагаемыми скважинами обычно принимается равным $1,5R$, где R — радиус распространения раствора в породном массиве. В некоторых горногеологических условиях целесообразно комбинирование противofильтрационных завес траншейного типа с более глубокими инъекционными завесами.

Отметим, что использование противofильтрационных завес как средства для сохранения запасов чистых вод, по мнению специалистов ГДР, требует в 6—60 раз меньше затрат на 1 м^3 воды по сравнению

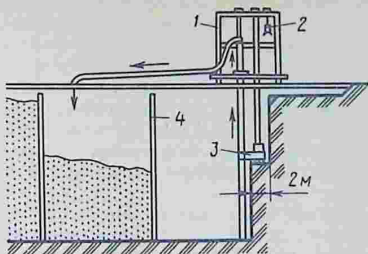


Рис. 22. Схема сооружения противofильтрационной завесы на карьере в ГДР

со строительством и эксплуатацией поверхностных и подземных водохранилищ.

При дренажных работах или в процессе обычного рудничного водоотлива водам, выдаваемым на земную поверхность в достаточно больших количествах, должно быть найдено рациональное применение. После очистки или, если нет необходимости, без нее они могут пополнять традиционно используемые водоисточники, и ценность их в зависимости от географических и социальных условий района может быть очень велика.

К основным задачам гидрогеологических исследований при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых следует отнести прогнозирование и возможное предотвращение загрязнения и истощения подземных вод, имеющих хозяйственную ценность. При этом перечень основных процессов, формирующих гидрогеологическую обстановку, может быть сведен к следующему: 1. Гидрогеохимические и санитарно-технические процессы. Последствия — химическое, физическое и биологическое загрязнение вод под влиянием сброса неочищенных сточных вод шахт, рудников и карьеров в поверхностные водоемы. 2. Осушение водоносных горизонтов и дренирование поверхности. Последствия — нарушение взаимосвязи подземных и поверхностных вод и условий питания подземных вод; изменение структуры баланса подземных вод. 3. Взаимодействие осушительных сооружений с действующими водозаборами подземных вод. Последствия — снижение общего дебита водозаборов или даже полное дренирование подземных вод продуктивного водоносного горизонта.

5.10. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СМЕЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Обогатительные фабрики, как правило, главные потребители воды в горно-обогатительных комбинатах (в среднем расход воды составляет 5 м³ на 1 т обогащаемых полезных ископаемых). На них в больших масштабах используются очищенные карьерные и шахтные сточные воды. Значительное количество воды расходуется при осуществлении процессов классификации, измельчения и флотации, что, естественно, сопровождается загрязнением воды. Степень загрязнения сточных вод обогатительного производства значительно выше загрязнения сточных вод шахт и карьеров. Воды характеризуются повышенной минерализацией, высоким содержанием нерастворенных минеральных частиц, органических веществ и химических (в частности, токсичных) реагентов.

Совершенствование методов обогащения минерального сырья, способов очистки вод и переход на замкнутый цикл водоснабжения являются основными мероприятиями по защите от загрязнения поверхностных и подземных вод.

В качестве примера может быть приведена эксплуатация обогатительной фабрики Верхнеднепровского горно-металлургического комбината. Выбор гравитационного (вместо флотационного) метода обогащения руд, исключаяющего из технологического процесса использование огромных количеств токсичных реагентов; создание и внедрение

новой техники гравитационного обогащения, явившейся основой малоотходной технологии, сооружение отстойных и осветительных прудов обеспечили удовлетворение 97% потребности в технологической воде за счет замкнутого цикла водоснабжения. Применение замкнутого водоснабжения на обогатительных фабриках «Печенганикель» обеспечило снижение расхода воды в 3,7 раза. На многих обогатительных фабриках цветной металлургии (Лениногорской, Березовской, Урупской и др.) в настоящее время внедряется «бессточная» технология.

Очистка оборотных и сточных вод от полидисперсной взвеси осуществляется путем ее сгущения и отфильтрования. Для очистки вод от растворенных веществ применяется химическое осаждение, нейтрализация, окислительно-восстановительные методы, а также электрохимическая и флотационная очистка.

Сточные воды смежных предприятий калийных шахт имеют высокое содержание солей; целесообразных и экономичных способов обессоливания их до настоящего времени не найдено (выпаривание щелоков очень дорогой процесс). В большинстве случаев эти воды сбрасываются в реки, загрязняя их; сточные воды комбината Верра (ГДР) закачиваются через скважины в свиту пластов доломита, поглощательная способность которой, впрочем, ограничена.

Довольно часто сточные воды смежных предприятий смешиваются со сточными водами шахт и карьеров и дальнейшее их использование или локализация осуществляется по единой схеме.

5.11. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОЧНЫХ ВОД

Отбор проб. Качественные характеристики сточных вод, сбрасываемых геологоразведочными партиями или горными предприятиями в поверхностные водоемы при их достаточно больших количествах, подлежат контролю. Лабораторно-производственный контроль осуществляется по общезначимым свойствам, химическому и бактериологическому составу вод; частота и объем анализов устанавливаются в соответствии с качеством и особенностями сбросов сточных вод. Общие требования к составу и свойствам вод в используемых для хозяйственно-питьевых и рыбохозяйственных целей водных объектов приведены в табл. 18. Рассмотрим вкратце методы определения некоторых из основных характеристик.

Место отбора пробы зависит от типа водоисточника и цели исследования. Проба должна соответствовать среднему составу воды исследуемого объекта. Из рек и ручьев пробы отбираются по нескольким вертикалям с различных глубин створа. Отбор проб из потока должен сопровождаться измерением расхода по профилю стока. Пробы отбирают батометром или 2–5-литровой бутылкой, прикрепленной к шесту или спускаемой в поток в тяжелой оправе на тросе.

На рис. 23 изображен батометр, представляющий цилиндрическую емкость с двумя откидными крышками, снабженными резиновыми прокладками. С открытыми крышками батометр опускается в поток на

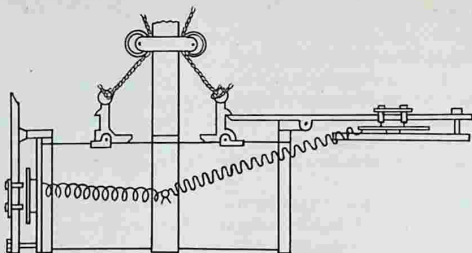


Рис. 23. Общий вид батометра

необходимую глубину; рычаги крышек с помощью натяжных шнуров освобождаются от фиксаторов, и крышки под действием пружин закрываются. При использовании батометрической бугыли ее сначала закрывают пробкой, а затем на требуемой глубине открывают с помощью шнура. Заполненные водой батометр или бутылку поднимают на поверхность, и взятую пробу направляют на анализ в лабораторию.

Физический анализ. Методы анализа общезначимых свойств проб обычно сводятся к определению количества взвешенных веществ, прозрачности и мутности. Количества взвешенных веществ устанавливают путем отделения их от жидкой фазы в фильтрах и последующего взвешивания высушенного твердого остатка. Для фильтрования обычно используются мембранные или бумажные фильтры. Комплекс аппаратуры, применяемой для определения количества взвешенных веществ, включает фильтровальный прибор, сушильный шкаф (105°C), электрическую печь (600°C), аналитические весы, эксикатор и тигли.

Объем фильтруемой пробы выбирают в зависимости от количества взвешенных веществ в пределах от 100 до 500 мл. Содержание взвешенных веществ (в мг/л) при использовании мембранных фильтров определяется по следующему выражению:

$$x = [(m_1 - m_2) 1000] / V, \quad (5.2)$$

где m_1 — масса мембранного фильтра с высушенными и взвешенными веществами, мг; m_2 — масса мембранного фильтра, мг; V — объем пробы, мл.

При использовании бумажных фильтров расчетное уравнение имеет следующий вид:

$$x = [(m_3' - m_2' - m_1') 1000] / V, \quad (5.3)$$

где m_1' — масса бумажного фильтра, мг; m_2' — масса тигля, мг; m_3' — масса тигля с фильтром и высушенным веществом, мг.

Содержание взвешенных веществ в сточных водах можно определять путем выпаривания отобранной пробы с последующим высуши-

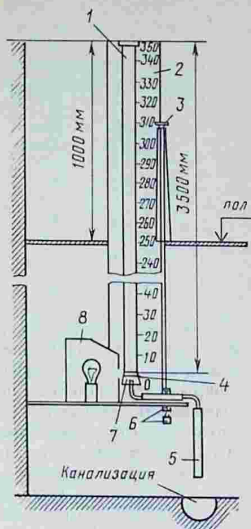
ванием и взвешиванием твердого остатка. Расчет количества примесей при этом способе проводится по формуле:

$$x = \frac{(m_2'' - m_1'') 1000}{V}, \quad (5.4)$$

где m_1'' — масса фарфоровой чашки, в которой осуществляется выпаривание пробы, мг; m_2'' — масса чашки с высушенным остатком, мг. Дисперсный анализ остатка, если это необходимо, осуществляется ситовым, микроскопическим или седиментационным методами.

В некоторых случаях определяется прозрачность сточных вод обычно методом «по кресту» — устанавливают толщину слоя воды, через которую четко прослеживается очертание черного трафарета на белом фоне пластинки, перекрывающей донную часть сосуда. Прибор для измерения прозрачности (рис. 24) состоит из стеклянной трубки 1 диаметром 30 мм, мерной шкалы 2, троса 3 и хомутика с грузом 6 для регулирования спуска воды, резиновой пробки 7, на которой располагается фарфоровая пластинка 4 с черным крестом и точками на верхней поверхности, кожуха с 300-ваттной электролампой 8 и отводной трубки 5 для спуска воды. Трубка заполняется исследуемой водой на такую высоту, при которой через водяную толщу не просматривается крест, затем воду постепенно спускают до появления в поле зрения отчетливо видимых точек. Установленная таким образом толщина слоя воды в сантиметрах характеризует ее прозрачность.

При более или менее значительном содержании взвешенных веществ в воде определяют ее мутность, выражаемую в миллиграммах взвеси на литр. Определение проводится прибором, называемым мутномером, и основано на визуальном сопоставлении мутности пробы с эталонными растворами мутности. Для этого пробу заливают в стеклянный цилиндр диаметром 2 см и высотой 75 мм; устанавливают в отверстие в верхней крышке мутномера, а в соседнее отверстие вставляют такой же цилиндр с эталонным раствором мутности. Размещаясь в закрытом корпусе мутномера, оба цилиндра подсвечиваются снизу светом электролампы в 300 Вт, проходящим через синее стекло. Цилиндры с эталонными растворами в процессе опыта заменяются до выбора, соответствующего мутности пробы. Эталонные растворы



деталь б



Рис. 24. Прибор для определения прозрачности воды «по кресту»

мутности готовят из дистиллированной воды и каолина в соответствии с ГОСТ 3351-46.

Перевод прозрачности на мутность сточных вод может осуществляться с использованием следующих данных:

Прозрачность, см	Мут- ность, мг/л	Прозрачность, см	Мут- ность, мг/л	Прозрачность, см	Мут- ность, мг/л
3.5	270	7	130	14	65
4.0	235	8	114	15	61
4.5	205	9	102	16	56
5.0	185	10	92	17	53
5.5	170	11	83	18	50
6.0	166	12	76	19	48
6.5	142	13	70	20	45

Мутность сточных вод горных предприятий, особенно при дражной разработке россыпных месторождений, бывает намного выше приведенных значений, при этом показатель прозрачности практически приближается к нулю.

Химический анализ. Наиболее распространенным контролем за химическим составом сточных вод является определение их кислотности и щелочности по показателю pH, характеризующему, как известно, концентрацию водородных ионов (для нейтральной воды при температуре 25°C концентрация водородных ионов H^+ равна $C_{H^+} = 1,004 \cdot 10^{-7}$ моль/л, т.е. pH 7; для кислотных вод $pH < 7$, а для щелочных $pH > 7$).

Анализ воды с использованием приборов pH-метров основан на компенсационном принципе. Электрическая схема «рН-340» представлена на рис. 25. Электродвижущая сила, возникающая на электродах измерительного прибора при погружении их в анализируемую воду, пропорциональна концентрации в ней ионов водорода. Эта сила компенсируется в потенциометрической цепи противоположно направленной ЭДС, фиксируемой стрелкой индикатора. Согласно схеме рис. 25 электродвижущая сила E электродной системы сравнивается с падением напряжения на сопротивлении R , через которое протекает



Рис. 25. Электрическая схема прибора «рН-340»;
1 — преобразовательно-усилительное устройство; 2 — физический детектор

Загрязнитель	Основы анализа	Определение содержания загрязнения
Соли кальция и магния (жесткость)	Реакция ионов кальция и магния с трилоном Б (pH10), приводящая к образованию прочного комплексного соединения с изменением окраски до синей с зеленоватым оттенком	По количеству трилона Б, расходуемого на титрование единицы объема анализируемой воды
Общее содержание железа	Взаимодействие оксидов железа и роданида в сильноокислой среде с образованием комплексного соединения, окрашенного в красный цвет	По интенсивности окраски, пропорциональной содержанию железа, которая сопоставляется с окраской эталонного раствора
Медь	Взаимодействие ионов двухвалентной меди и дитиокарбоната в слабощелочном растворе с образованием соединения, окрашенного в желто-коричневый цвет	По интенсивности окраски, пропорциональной содержанию меди, которая определяется визуально или фотометрически с использованием стандартных растворов
Свинец	Образование соединения при взаимодействии свинца с сульфареазеном (pH7,0—7,3), окрашенного в желто-оранжевый цвет	По шкале стандартных растворов или калибровочному графику
Цинк	Образование соединения при взаимодействии цинка с дитизоном, окрашенного в красный цвет	По шкале стандартных растворов
Сульфаты	Гравитационный метод — осаждение ионов SO_4 хлористым барием в кислой среде в виде гидросульфата бария. Восстановление соединений мышьяка водородом до гидрида мышьяка AsH_3 , который при поглощении бумагой, пропитанной хлоридом ртути, оставляет на ней желтые пятна.	По массе осадка BaSO_4 с пересчетом на SO_4^{2-}
Мышьяк	Интенсивность окраски увеличивается при обработке бумаги раствором нитрата калия, при этом пятна приобретают желто-коричневый цвет	Сопоставляя цвет пятен с окраской образцов стандартной шкалы
Полифосфаты	Гидролиз полифосфатов в кислой среде, при котором они переходят в растворенные ортофосфаты, определяемые колориметрическим методом в виде фосфорно-молибденового комплекса, окрашенного в синий цвет	Ортофосфаты определяют по калибровочному графику и пересчитывают на полифосфаты
Уран	Взаимодействие урана (IV) и арсената (III) с образованием раствора фиолетовой окраски	По калибровочной кривой

ток $I_{\text{вых}}$ окончного каскада преобразовательно-усилительного устройства 1. Падение напряжения $U_{\text{вых}}$ на сопротивлении R противоположно по знаку электродвижущей силе E ; на вход усилителя подается напряжение:

$$V_{\text{вх}} = E - V_{\text{вых}} = E - I_{\text{вых}} R,$$

где $U_{\text{вх}}$ — входное напряжение преобразовательно-усилительного устройства; $U_{\text{вых}}$ — выходное напряжение фазочувствительного детектора; E — электродвижущая сила, возникающая на электродах при погружении их в испытуемую жидкость; $I_{\text{вых}}$ — ток окончного каскада усилителя, пропорциональный E и pH раствора; R — выходное сопротивление фазочувствительного детектора. Напряжение $U_{\text{вх}}$ преобразуется вибропреобразователем устройства 1 в переменное напряжение, которое затем многократно усиливается и при помощи фазочувствительного детектора 2 вновь преобразуется в постоянное напряжение.

Значительное количество химических анализов сточных вод производится для установления содержания других поллютантов, при этом преимущественно используются колориметрические методы. Сведения о некоторых наиболее распространенных методах анализа приведены в табл. 20. При большом количестве поллютантов в сточной воде пробу разбавляют дистиллированной водой, снижая их концентрацию, с последующим соответствующим пересчетом на фактическое содержание загрязнителей.

Бактериологический анализ. Бактериологический состав сточных вод горных предприятий устанавливается в специализированных лабораториях в соответствии со стандартными методами санитарно-бактериологического анализа на питьевую воду. При этом пользуются методом определения общего количества бактерий в 1 мл воды (бактерии выращивают в питательной среде, где они образуют в течение суток колонии, видимые при увеличении в 2,5 раза); методом мембранных фильтров (концентрируют бактерии из определенного объема анализируемой пробы на мембранном фильтре, выращивают и дифференцируют выросшие колонии с последующим подсчетом количества бактерий группы кишечных палочек в 1 л воды); бродильным методом (производят посев определенных объемов анализируемой воды и подрашивают бактерии с последующей дифференциацией и определением количества кишечных палочек).



Охрана земной поверхности (суши)

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Возраст планеты Земля определен более чем в 4,5 млрд. лет; за этот период земная поверхность многократно претерпевала значительные изменения. В настоящее время площадь суши — всех континентов и островов на нашей планете составляет 148 млн. км²; примерно 10% этой площади приходится на территорию, покрытую ледниками. Остальная часть суши является пространством обитания — исчерпаемым ресурсом Земли, находящимся в распоряжении современного человеческого общества. На 33,1% обитаемой площади осуществляется сельскохозяйственное производство; 30,1% площади занимают леса и 36,8% относятся к «прочим землям».

Площади сельскохозяйственного производства являются наиболее ценными землями, обеспечивающими получение основных продуктов питания. В связи с различием природных и экономических условий сельскохозяйственная освоенность и лесистость территорий поверхности в разных континентах и странах различна (табл. 21).

В целях сравнительной оценки продуктивности сельскохозяйственных земель необходимо отметить, что в нашей стране на подавляющей части территории сельское хозяйство ведется в худших агроклиматических условиях, чем во многих других странах. Например, вся территория США располагается южнее 48-й параллели, в то время как в СССР около 2/3 сельскохозяйственных угодий находится севернее этой параллели; потенциальное плодородие почв в нашей стране примерно вдвое ниже, чем в США. Страны зарубежной Европы, в том числе Германская Демократическая Республика, имеют более благоприятные по сравнению с СССР агроклиматические условия.

Характеристика плодородия сельскохозяйственных земель определяется свойствами почв. Почвы формируются из смеси минеральных веществ, образующихся при разрушении горных пород, с органическими

Таблица 21

Страны и материки	Общая используемая площадь		Сельскохозяйственная освоенность, %	Лесистость, %
	всего, млн. га	на душу населения, га		
СССР	2240	9,22	27,1	40,6
Европа (без СССР)	493	1,07	48,7	28,4
Азия (без СССР)	2753	1,34	35,4	19,5
Северная и Центральная Америка	2242	7,00	28,1	36,5
Южная Америка	1783	9,38	25,1	50,9
Африка	3031	8,81	34,1	21,0
Австралия и Океания	851	44,79	59,8	9,6

веществами, являющимися продуктами жизнедеятельности и разложения организмов (в основном растений). В процессах разложения и синтеза компонентов почв важную роль играют микроорганизмы и почвенные животные. В почвах создаются запасы углерода, азота, фосфора, калия и других элементов в доступном для использования растениями виде. Различие климатических условий, свойств горных пород, растительного покрова и почвенных организмов обуславливает разнообразие типов формируемых почв.

К наиболее распространенным типам почв относятся тундровые и подзолистые почвы хвойных лесов, бурые и серые почвы лиственных лесов, черноземы, каштановые почвы степей, бурые и серо-бурые почвы полупустынь и пустынь.

В почвах выделяют верхний гумунизированный наиболее ценный слой, содержащий продукты разложения организмов и органоминеральных веществ; средний слой, включающий в основном минеральные компоненты, и нижний слой, состоящий из мало измененных продуктов разрушения материнской горной породы. Мощность почвенных слоев меняется в довольно широких пределах, однако не превышает обычно нескольких метров (преимущественно в черноземах).

Наиболее ценные в сельскохозяйственном отношении обрабатываемые (пахотные) земли отводятся под пашни, многолетние насаждения и плантации; такие земли располагаются в основном в лесостепных и степных районах (в аридных районах для пахотных земель необходимо искусственное орошение). Большую часть сельскохозяйственных земель занимают луга и пастбища; пастбищные земли сосредоточены в степях, редколесье, тундрах, лесотундрах и полупустынях.

Значительная часть земельных территорий покрыта лесами, особенно крупные лесные массивы расположены в СССР и Южной Америке. Роль лесов в улучшении качества атмосферного воздуха упоминалась ранее. Отметим, что 1 га самого лучшего леса в течение года выделяет 3,5—5 т кислорода; поглощает 4,5—6,5 т диоксида углерода; осаждаёт 30—54 т пыли; создаёт зоны конденсации влаги, вследствие чего над лесом выпадает осадков на 10—30% больше,

чем над безлесной территорией; фитонциды, выделяемые растениями, убивают болезнетворных микробов. Народнохозяйственное значение лесов в производстве ценнейшего сырья для различных отраслей промышленности общеизвестно.

В «Основах лесного законодательства Союза ССР и союзных республик» (1977) леса разделяются на три группы: первая — леса с защитной функцией, предназначенные для водоохранных, защитных (противоэрозийные леса, государственные защитные лесные полосы различного назначения), санитарно-гигиенических и оздоровительных целей, а также заповедники, национальные природные парки и пр.; вторая — леса в районах густонаселенных и с развитой сетью наземных транспортных путей, имеющие защитное и ограниченное эксплуатационное значение, а также леса в местностях с малыми лесосырьевыми ресурсами; третья — леса многолесных районов, используемые преимущественно для эксплуатационных целей.

К лесам первой и второй категорий применяются более строгие режимы лесопользования.

Качественным показателем лесов всех категорий является показатель продуктивности, определяемый запасом и приростом древесины на 1 га леса.

В упоминавшиеся ранее «прочие земли» включаются территории населенных пунктов, промышленных предприятий, транспортного назначения, пустыни, горы, тундры, болота и др. Значительные территории «прочих земель», составляющие на всей планете 4,9 млрд. га, четко делятся на две группы — территории малопригодные для продуктивного биологического использования по своим природным качествам и урбанизированные территории. Первые представляют собой в большинстве случаев так называемые естественные «неудобья», освоение которых может быть осуществлено в будущем; вторые — территории, созданные на сельскохозяйственных или лесных землях, а также и на неудобьях, использование которых в будущем для сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства нецелесообразно.

6.2. ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Уменьшение сельскохозяйственных площадей. Рост численности населения земного шара придает проблеме «человек — земля» все большее значение и требует соответствующего увеличения производства продуктов питания, основным поставщиком которых, как отмечалось, являются сельскохозяйственные угодья, в первую очередь обрабатываемые пахотные земли. Возможности увеличения производства пищевых продуктов за счет расширения площадей сельскохозяйственных угодий на «прочих» землях ограничены. Поэтому увеличение производства продуктов питания обеспечивается в результате частично перевода необрабатываемых сельскохозяйственных земель в пашню и главным образом интенсификации сельскохозяйственного производства. В соответствии с Продовольственной программой СССР на пери-

од до 1990 г., принятой в 1982 г. Пленумом ЦК КПСС, основным путем наращивания производства зерна служит повсеместное повышение урожайности «при сохранении стабильности посевных площадей».

Наряду с этим необходимо отметить, что вследствие роста населения, развития индустрии, урбанизации, преобразующей природу деятельности человека и, в частности, повышения продуктивности сельскохозяйственного производства наблюдается непрерывное сокращение сельскохозяйственных площадей на поверхности Земли. В Советском Союзе, например, ежегодный отвод земель для несельскохозяйственных нужд за период 1966—1970 гг. достигал в среднем 2 млн. га, в том числе обрабатываемые сельскохозяйственные угодья составляли более 460 тыс. га (в настоящее время отвод земель на несельскохозяйственные нужды уменьшен почти вдвое). Сокращение фонда продуктивных земель планеты происходит также в процессе так называемого «опустынивания» — развития пустынных зон вследствие естественных процессов, в которых, впрочем, в значительной степени повинен и человек.

Пустыни и полупустынные районы занимают примерно одну треть площади суши. Природа этих районов легко нарушима и быстро реагирует на вмешательство человека — чрезмерное использование под пастбища, вырубка древовидных растений на топливо и бесконтрольное использование огня в сочетании с неустойчивостью осадков приводит к десертификации земель: почва, лишившись растительного покрова, подвергается интенсивной эрозии.

Расширение зон пустынь довольно значительно (пустыня Сахара, «наступая» на южные районы, за последние 50 лет увеличила свою площадь в основном за счет южных районов на 650 тыс. км²), темп потерь удобных для земледелия и скотоводства земель составляет в настоящее время 44 га в 1 мин (более 1,5 млн. га за год). Аналогичные процессы наблюдаются в пустынях Азии и Америки. Специалисты в ООН подсчитали, что за полвека в результате главным образом хозяйственной деятельности человека в пустыню на Земле превратилась территория, почти равная половине Южной Америки.

Однако при современном уровне развития науки и техники люди могут успешно противостоять наступлению пустынь. Это может быть проиллюстрировано на примере опыта Советского Союза; освоение пустынь в Туркмении, превращение Голодной степи в Узбекистане в цветущий край, создание гигантских ирригационных систем и лесозащитных полос — важный вклад в решение проблемы борьбы с опустыниванием нашей планеты. Отметим, что пустыни на территории СССР, занимающие 210 млн. га, широко используются в народном хозяйстве в основном в качестве пастбищ и для добычи полезных ископаемых (например, в пустыне Каракум добывают нефть, газ, серу, поваренную соль, сульфат натрия, строительное сырье и материалы).

Не только пустынные зоны, но и вообще засушливые земли имеют неустойчивые экосистемы, которые легко разрушаются при

чрезмерных выпасах скота или использовании нерациональной агротехнологии и теряют способность к восстановлению.

В США в текущем столетии наблюдалось несколько случаев обширной деэртификации, в 30-х годах после затяжной засухи она проявилась в интенсивной ветровой эрозии на больших площадях, получивших впоследствии название «Пыльной чаши». «Пыльная чаша» распространялась на районы пяти штатов — Колорадо, Канзас, Нью-Мексико, Оклахома и Техас; наступление песков было столь интенсивным, что жители пораженных площадей массами покидали фермы и мигрировали в другие районы.

В настоящее время в США подвержено эрозии более 400 млн. га; эрозия ежегодно уносит 92 млн. т фосфора, калия, азота и других необходимых для растений элементов.

В СССР эрозия распространена на полях черноземной зоны Украины, Средней Азии, равнинных районов Северного Кавказа и ряда других областей. В 1969 г. пыльные бури на Северном Кавказе и юге Украины снесли с отдельных участков 7—10 см почвенного плодородного слоя.

Химизация сельскохозяйственного производства в целом способствует огромному росту его продуктивности, но в ряде случаев внесение в поля ради получения высоких урожаев чрезмерного количества минеральных удобрений ухудшает качество почв. Орошение сельскохозяйственных угодий является важнейшим фактором роста урожайности, однако изменения режимов подземных вод могут вызвать нежелательные последствия. Так, например, образование новых горизонтов подземных вод в некоторых пустынных районах Каракумского канала привело к заболачиванию отдельных земельных участков. Засоление орошаемых почв также отрицательный фактор. В 1972 г. площадь поливных сельскохозяйственных угодий на нашей планете составляла 188 млн. га, из них не менее 12% были представлены заболоченными и засоленными почвами. К одним из эффективных мероприятий борьбы с заболачиванием и засолением относится мелиорация — осушение заболоченных и промывка засоленных почв, сочетаемые с глубоким дренажем. В СССР площадь орошаемых земель составляет около 19 млн. га, осушенных — 14 млн. га. В ГДР площадь орошаемых земель достигает миллиона га; осушительные работы осуществлялись в очень больших масштабах, были созданы крупные дренажные системы на северо-западе Мекленбурга, на северо-востоке Нейбранденбурга и в других районах.

Уменьшение лесохозяйственных площадей. Перечисленные факторы, определяющие уменьшение территорий сельскохозяйственных земель, обуславливают и сокращение лесных площадей на поверхности нашей планеты. Общее направление количественных и качественных изменений в лесных массивах выражается также в сокращении их площадей и замене естественных лесов лесонасаждениями.

Жестокому истреблению подверглись леса Северной Америки; в прошлом территория лесов США составляла 365 млн. га, в настоящее время естественные леса сохранились всего на 18 млн. га. Площадь тропических лесов Африки уменьшилась на $\frac{2}{3}$. В Бразилии

лес интенсивно вырубается — в настоящее время из 5,2 млн. км² лесных площадей в бассейне реки Амазонки уже вырублены леса на территории более 2 млн. км². Вырубка лесов производится американскими кампаниями для кофейных плантаций и плантаций сахарного тростника (предназначенного для производства спирта, используемого в качестве автомобильного топлива, см. раздел 3.6) и строительства горных предприятий; в результате этого в регионе создается угроза появления «второй Сахары».

Вырубка лесов в Прикарпатских областях Украинской ССР привела к интенсивной эрозии, селям, наводнениям и буреломам, принесшим огромный ущерб природной среде. Исправление создавшейся ситуации потребовало значительных трудовых и материальных затрат. В европейской части СССР следствием неправильной эксплуатации лесов явилась замена хвойных лесов менее ценными лиственными насаждениями.

Рост площадей антропогенных ландшафтов. Под влиянием преобразующей природу деятельности человека естественные ландшафты уступают место антропогенным ландшафтам. По существу, все сельскохозяйственные угодья относятся к антропогенным ландшафтам, отличающимся специфическими особенностями климата, почв, растительности, рельефа местности, животного мира.

Весьма значительна доля антропогенных ландшафтов в лесном покрове Земли; в странах Западной Европы больше массивов посаженных лесных культур, чем естественных лесов. В центрально-черноземных районах СССР лесопосадки составляют более 30% общей площади лесов; ежегодно территория антропогенных лесных ландшафтов увеличивается на 1,2—1,5 млн. га. В ГДР на долю искусственных (причем хвойных) лесонасаждений приходится более 78% всех лесов. В СССР выделяется значительное количество природных ландшафтов и водоемов, не подлежащих преобразованию; имеется 137 государственных заповедников, семь национальных природных парков, большое количество заказников.

На «прочих землях» своеобразные антропогенные ландшафты возникают на урбанизированных территориях.

В городах антропогенные ландшафты трансформируются в так называемые «ландшафтно-техногенные комплексы», в которых взаимосвязаны элементы ландшафтов и инженерных сооружений. На территориях промышленных предприятий и, в частности, предприятий горнодобывающей промышленности формируются характерные антропогенные ландшафты, нередко представляющие собой пустоши с бедной древесно-кустарниковой растительностью, или совершенно лишенные растительности — «индустриальные пустыни».

Сокращение продуктивного земельного фонда на планете происходит и вследствие загрязнения поверхности различными видами промышленных и бытовых отходов. К основным из промышленных отходов относятся шлаки тепловых электростанций и металлургических заводов, горные породы предприятий горнодобывающей промышленности, «хвосты» обогатительных фабрик, строительный мусор. Количество промышленных и бытовых отходов огромно.

В США, например, оно в 1980 г. составляло 25 кг на душу населения в день, из которых 16% являлись бытовыми отходами. В крупных городах и агломерациях количество твердых бытовых отходов столь значительно, что даже процесс удаления их с жилых территорий становится сложной проблемой. С улиц Нью-Йорка удаляется около 8 млн. т бытовых отходов в течение года; в Токио — более 4,5 млн. т. За чертой городов образуются огромные мусорные свалки, для размещения которых отводятся значительные площади. В последние годы изыскиваются различные мероприятия, направленные на уничтожение свалок — «спутников городов»: бытовые отходы сжигают (загрязняя, впрочем, воздушную среду), перерабатывают в удобрения для сельского хозяйства или даже в жидкое автомобильное топливо; часть отходов транспортируют на более или менее значительные расстояния, используя для заполнения старых карьеров, оврагов, балок.

При решении вопросов рационального использования земельного фонда во многих странах пользуются различными классификациями земель; значительный опыт в этой области накоплен, в частности, в ГДР, Франции и в ряде других стран. В ГДР при классификации земель учитывается их механический состав, состояние почв, геологическое происхождение и доходность. В СССР при планировании использования земель для нужд промышленного производства используют показатель «удельной землеемкости». К наиболее землеемким промышленным производствам относят гидротехническое строительство; горнодобывающие предприятия относятся к производству средней землеемкости.

Отметим, что при планировании развития промышленного производства в том или ином регионе помимо земельного фактора учитываются и во многих случаях являются определяющими и другие факторы. Например, при выборе месторасположения гидростанции и водохранилища определяющим считаются гидрогеологические и топографические особенности района; расположение горного предприятия зависит от местоположения месторождений полезных ископаемых.

К основным мероприятиям по рациональному использованию земельных ресурсов следует отнести: целесообразное планирование и распределение земель по отрасли народного хозяйства (территории сельско- и лесохозяйственного производства, урбанизированные территории), введение безотходной (а на первое время малоотходной) технологии промышленного производства, утилизацию промышленных и бытовых отходов, восстановление земель после того, как надобность их для использования в промышленном производстве отпала, улучшение качества земель и недопущение процессов опустынивания и интенсивной эрозии, перевод в продуктивные земли ранее неиспользуемых земель, увеличение площадей защитного лесоразведения.

6.3. ДИРЕКТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОХРАНЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

«Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», являющиеся главным директивным документом, регули-

рующим земельные отношения в целях обеспечения рационального использования земель, были утверждены 13 декабря 1968 г.

В соответствии с Основами единый государственный земельный фонд составляют: 1) земли сельскохозяйственного назначения, предоставленные государством в пользование колхозам, совхозам и другим землепользователям; 2) земли населенных пунктов (городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов); 3) земли промышленности, транспорта, курортов, заповедников и иного несельскохозяйственного назначения; 4) земли государственного лесного фонда; 5) земли государственного водного фонда; 6) земли государственного запаса.

Земля предоставляется землепользователям в бессрочное или временное пользование; временное пользование может быть краткосрочным — до 3 лет и долгосрочным — от трех до десяти лет (в случае производственной необходимости эти сроки могут быть продлены). Предоставление земельных участков в пользование осуществляется в порядке отвода на основании соответствующего постановления Совета Министров союзной или автономной республики либо решения исполнительного комитета Совета депутатов трудящихся.

В соответствии со статьей 11 Основ «Предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым или подземным способом, проводящие геологоразведочные, строительные или иные работы на предоставленных им во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет приводить эти земельные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве, а при производстве указанных работ на других землях — в состояние, пригодное для использования их по назначению. Приведение земельных участков в пригодное состояние производится в ходе работ, а при невозможности этого — не позднее чем в течение года после завершения работ».

Изъятие участков из земель, находящихся в пользовании колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий, допускается только в случаях особой необходимости, которая применительна к горным предприятиям, определяется наличием в данном месте промышленных запасов полезных ископаемых.

Предприятия и организации, осуществляющие геолого-съемочные, поисковые, геодезические и другие изыскательские работы в соответствии со статьей 17 Основ, могут проводить эти работы без изъятия земельных участков у землепользователей в согласованные с последними сроки и места производства работ. При этом приведение земельных участков в пригодное состояние предусматривается в ходе работ или не позднее чем в месячный срок после их завершения, исключая период промерзания почв.

Государственный контроль за использованием всех земель осуществляется Советами депутатов трудящихся, а также специально уполномоченными государственными органами. Порча сельскохозяйственных и других земель, загрязнение их производственными отходами и сточными водами, несвоевременный возврат временно занимаемых

земель или невыполнение обязанностей по приведению их в состояние, пригодное для применения по назначению, влекут за собой уголовную или административную ответственность.

В постановлении Совета Министров СССР от 9 августа 1974 г. № 636 «О возмещении убытков землепользователям и потерь сельскохозяйственного производства при отводе земель для государственных или общественных нужд» предусмотрено, что убытки, причиненные землепользователям изъятием земельных участков или временным их занятием, подлежат возмещению предприятиями и организациями, которым выделяются земельные участки. Эти предприятия и организации возмещают (помимо возмещения убытков землепользователям) потери сельскохозяйственного производства, связанные с изъятием этих участков, в размере стоимости освоения равновеликой площади новых земель с учетом проведения мероприятий по их окультуриванию и повышению плодородия почв. Потери сельскохозяйственного производства не возмещаются при предоставлении земельных участков во временное пользование, если по условиям отвода эти участки в дальнейшем должны быть приведены в состояние, пригодное для использования в сельском хозяйстве.

Очень важным директивным документом в области восстановления земель, нарушаемых при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, является постановление Совета Министров СССР от 2 июня 1976 г. № 40 «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ». В этом постановлении сказано, что сельскохозяйственные земли и лесные угодья, на которых производятся геологоразведочные или горноэксплуатационные работы, должны приводиться исполнителями работ в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве; при производстве отмеченных работ на других землях последние должны приводиться в состояние, пригодное для употребления их по назначению.

Производители работ, связанных с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на рекультивируемые земли, а при экономической целесообразности — и на малопродуктивные угодья. При этом важно отметить, что мероприятия по восстановлению плодородия рекультивируемых земель для применения их в сельском или лесном хозяйстве (внесение удобрений, известкование и другие работы) возлагаются на землепользователей, которым возвращаются земли.

Отметим, что в соответствии с постановлением рекультивация земель, пользование которыми прекращено до 1 июля 1969 г., осуществляется за счет государственного бюджета Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР и Союзсельхозтехники; все остальные нарушенные земли, как отмечалось, восстанавливаются производителями работ, приведших к нарушению поверхности, причем за их счет. Рекультивация земель, нарушенных землепользователями при разработке месторождений общераспространенных

полезных ископаемых для внутрихозяйственных нужд, производится ими за свой счет.

Установлено, что затраты по рекультивации земель, восстановлению плодородия рекультивируемых земель, а также по снятию плодородного слоя почвы, хранению и нанесению его на рекультивируемые земли или малопродуктивные угодья должны относиться при геологоразведочных работах на стоимость этих работ, а при разработке месторождений — на себестоимость продукции горного предприятия.

Министерству геологии СССР вменяется в обязанность при проведении детальных разведочных работ на месторождениях исследовать физические и химические свойства вскрышных и вмещающих пород для использования этих данных при проектировании горных предприятий с учетом требований к рекультивации земель.

В ГДР основным Законом об охране и рациональном использовании воздушной и водной среды, растительного и животного мира, поверхности земли, почвы и недр постулируются главнейшие мероприятия по защите и восстановлению после использования горными предприятиями сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других земельных угодий. В Горном законе ГДР предписывается возвращение нарушенных горными работами земель, подготовленных преимущественно для сельскохозяйственного пользования. Интересно отметить, что еще до разработки горными предприятиями земель уже определяются по согласованию с соответствующими органами время, размеры поэтапного возвращения земельных площадей и направление их восстановления (сельскохозяйственного, лесохозяйственного и др.). При этом предусматривается сооружение горным предприятием дорог хозяйственного назначения, плотность сети которых устанавливается при подготовке земель к сельскохозяйственному применению равной 12 м/га, а к лесохозяйственному — 10 м/га. Стимулами экономного землепользования горными предприятиями и быстреего возвращения земель основным арендаторам является система дифференциальных платежей — ренты, дополнительных выплат и штрафов за несвоевременную и некачественную подготовку нарушенных земель к дальнейшему хозяйственному использованию.

6.4. НАРУШЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

Земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на природную среду в результате производственной деятельности человека, называются нарушенными землями. Нарушение земель (схема 9) происходит как при геологоразведочных работах, так и при разработке месторождений.

Разрушение почвенно-растительного покрова. Деформация структуры и ухудшение качества почвенного слоя, уничтожение травяного покрова, вырубка кустарников и деревьев происходят при сооружении и эксплуатации транспортных трасс и промышленных площадок

ТЕРРИТОРИИ, НАРУШАЕМЫЕ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

территории, нарушаемые при геологоразведочных работах

территории промплощадок буровых
и горноразведочных работ

территории расположения
транспортных коммуникаций,
аэродромов и перевалочных баз

территории, отводимые для жилищных
и производственных сооружений

территории, нарушаемые при разработке месторождений

территории горных отвалов

территории для размещения
отходов производства

территории расположения
транспортных и электрических
коммуникаций

территории, отводимые для
промышленных и жилищных
сооружений

территории водохранилищ

территории, нарушаемые в результате
загрязнения воздуха
и изменений водной среды

геологоразведочных партий. При осуществлении геологоразведочных работ сезонно или круглогодично по многочисленным маршрутам различной протяженности автомобили, тракторы и вездеходы перевозят грузы и персонал поисковых и разведочных партий. В малонаселенных и удаленных районах объем автомобильно-тракторных перевозок особенно значителен и осуществляются они в основном по временным дорогам, черновым проездам или без каких-либо транспортных трасс. Сооружение каждой автомобильной или тракторной дороги связано с временным изъятием из фонда сельскохозяйственных, лесохозяйственных или других земель того или иного участка. Малая ширина таких участков приводит к иллюзии, что размеры занимаемой дорогой площади невелики. Эти участки, если они не располагаются на пахотных землях, вообще не учитываются. Однако при сооружении даже простейшей дороги, шириной в 4 м, размеры занимаемой ею площади составляют 1 га на каждые 2,5 км трассы. Дороги геологоразведочной партии обычно измеряются десятками километров, причем довольно часто прокладывается не одна, а две и более трасс: одна — наикратчайшая, пригодная для сухого времени года, другая (или другие) — для периодов распутицы или половодья.

Дороги, сооружаемые геологоразведочными организациями, прокладываются преимущественно в лесных и лесостепных (иногда предгорных) районах; сроки их службы меняются от одного сезона до нескольких лет. Сооружение дорог сопровождается следующими основными изменениями участков земной поверхности: вырубкой леса на трассе; уничтожением травяного покрова и кустарников под проектируемое полотно дороги; нарушением гумусового слоя; анало-

гичными нарушениями на соседних с дорожным полотном земельных участках (резервах), из которых берется порода для строительства дороги; созданием нового микроландшафта на отдельных участках трассы в связи с устройством выемок и насыпей, сооружением дамб и пр.

Уничтожение травяного покрова и кустарников в связи с подготовительными работами на полотне дороги и разработкой «резервов» может иметь некоторые (иногда значительные) экологические последствия в районах с неблагоприятными географическими условиями (свойства почвенного слоя, климат), где процессы восстановления растительного покрова протекают медленно. К таким районам относятся полупустыни, высокогорья и притундровые территории. Нарушения гумусового слоя, сопровождающиеся изменением структуры почв, загрязнением песком, гравием, щебнем и связующими материалами, по своим последствиям наиболее существенны для плодородных земель.

При прокладке дорожных трасс в лесистых местностях ведется вырубка леса на сравнительно больших площадях; при ширине просеки 10—15 м строительство 1 км дороги сопровождается вырубкой леса на площади 1,0—1,5 га. Значительное количество деревьев вырубается для использования в качестве строительного материала при прокладке лежневок и дорог в болотистой местности. Вырубка леса на территориях вечномерзлых пород может изменить температурный режим земной поверхности; при оттайке мерзлых пород возможно образование просадочных форм рельефа, появление новых водотоков и постепенное заболачивание трассы и примыкающих к ней земельных участков.

Ремонтно-восстановительные работы на дорогах геологоразведочных партий проводятся не только перед началом каждого полевого сезона, но и через определенные сроки эксплуатации, а также во время дождей и после них. Для ремонта насыпей, дамб и дорожного полотна из резервов извлекаются новые массы песка, гравия и грунта, а ремонт лежневок и дорог на болотах требует дополнительных рубок леса. Следовательно, ущерб земельным участкам, на которых проложены автомобильные или тракторные дороги, по мере их эксплуатации непрерывно увеличивается. При изменении местоположения промышленных участков ГРП сооружаются новые дороги взамен старых.

Бездорожная транспортировка грузов на автомобилях высокой проходимости, а также на тракторах и перемещение буровых установок и геофизических самоходных машин по разведочным трассам приводят к сравнительно серьезным экологическим последствиям. С этой точки зрения необходимо обратить особое внимание на тундры — типичные ландшафты субарктического пояса СССР. Природа тундры очень ранима, нарушения почвенно-растительного покрова на бездорожных трассах сохраняются в течение многих лет, а некоторые участки не восстанавливаются вообще. При этом выделяют два вида нарушения поверхности: 1) нарушения, вызываемые движением одиночных колесных машин по травяному или мало-

мощному снежному покрову тундры, приводящие к смятию, уплотнению и деградации растительного покрова над влажной моховой подстилкой и органическим почвенным слоем; 2) нарушения, вызываемые движением одиночных гусеничных машин или характерные для снежных дорог с интенсивным движением транспортных машин, приводящие к разрушению растительного покрова и органического почвенного слоя и резко меняющие тепловой баланс почв, результатом которых является гибель растительного покрова, эрозия почвы и термокарсты.

Следует отметить, что нарушения растительного покрова в тундровых зонах восточных районов СССР столь значительны, что проблема обеспечения кормовой базой оленьих стад из года в год осложняется.

В средних широтах при достаточной интенсивности процесса восстановления травяного покрова изменения его при бездорожных перемещениях транспортных и технологических автомашин менее заметны.

В полупустынных и пустынных районах эти последствия становятся вновь весьма ощутимы в связи с отмеченной легкой нарушаемостью и трудной восстанавливаемостью растительного покрова. Приведем пример нарушения растительного покрова Каракумов, относящихся к пустыням, богатым травами, кустарниками и саксаулом с известными отгонными пастбищами для миллионов овец. Многочисленные геологоразведочные партии, разбросанные на территории Каракумов, прокладывают тысячи километров транспортных и разведочных трасс. Бульдозеры, тракторы, вездеходы, автомашины днем и ночью в любое время года уничтожают хрупкий растительный покров песков. Использование в пустынях способа перевозки буровых вышек в неразобранном виде с одной промплощадки на другую приводит к серьезным негативным экологическим последствиям. При этой, считавшейся прогрессивной, технологии перевозки вышек, от трех до двенадцати мощных гусеничных тракторов, перемещающихся широким фронтом, а также тяжелые стальные канаты и сама буровая вышка «перепаживают» песок, сдирая весь растительный слой на своем пути (рис. 26). При продвижении буровой вышки на 15 км нарушается до 100 га поверхности пустыни; появляется новый участок

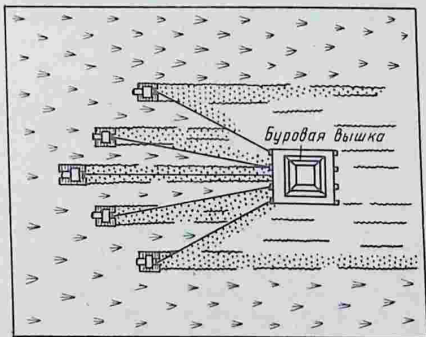


Рис. 26. Транспортировка тракторами неразобранной буровой вышки

«мертвых» песков, соответственно сокращается кормовая база овец, рождаются кочующие барханы, погребаящие в свою очередь соседние пастбища, саксаульные леса, оазисы и поселки (одним словом, интенсифицируются процессы наступления пустыни на продуктивные и обжитые земли).

Естественное состояние почвенно-растительного покрова нарушается и на земельных участках, на которых оборудуются производственные площадки геологоразведочных партий, ведущих буровые и горные работы. Нарушения сводятся к уничтожению древесно-кустарниковой растительности, деградации или гибели травяного покрова, уплотнению и загрязнению почвенного слоя горючесмазочными материалами, промывочными растворами и буровым шламом. Размеры производственных площадок сравнительно невелики, но их большое количество и короткие сроки использования приводят к тому, что суммарные площади, нарушаемые при проведении разведочного бурения и горноразведочных выработок, весьма значительны.

В табл. 22 приведены нормы площадей земельных участков, отводимых для работ по разведочному бурению на твердые полезные ископаемые.

На промышленной площадке располагается буровое оборудование с привышечными сооружениями, включая отстойники для очистки промывочной жидкости, емкости с горючесмазочными материалами и санитарно-бытовые помещения, дороги и инженерные коммуникации, располагаемые в пределах площадки. Площади нарушения почвенно-растительного покрова на производственных участках горноразведочных работ варьируют в широких пределах, меняясь от сотен квадратных метров при проходке неглубоких шурфов до нескольких тысяч квадратных метров и более при проведении сети разведочных канав или комплекса подземных горных выработок разведочных шахт.

Изменения ландшафтов местности. Нарушение естественных ландшафтов местности, на которой производятся геологоразведочные ра-

Т а б л и ц а 22

Класс буровых установок	Типы буровых машин	Предельная глубина бурения, м	Нормы площадей земельных участков, м²			
			при равнинном рельефе		при горном рельефе	
			для установок с дизельным приводом	для установок с электроприводом	для установок с дизельным приводом	для установок с электроприводом
I	УКБ-1	25	50	50	—	—
II	УКБ-2	100	1200	800	2100	1300
III	УКБ-3	300	1500	1000	2700	1800
IV	УКБ-4	500	1500	1000	2700	1800
V	УКБ-5	800	2300	1500	3100	2300
VI	УКБ-6	1200	2300	1500	3100	2300
VII	УКБ-7	2000	3500	2600	4100	3300
VIII	УКБ-8	3000	3500	2600	4100	3300

боты, связано с образованием впадин в результате проведения открытых горных выработок и возвышенностей вследствие оставления на земной поверхности породной массы, выдаваемой из горных выработок (отвалов). Само собой разумеется, что эти изменения обуславливают и появление соответствующих нарушений почвенно-растительного покрова поверхности земельных участков.

Разведочные каналы являются основными открытыми выработками, широко используемыми для вскрытия коренных пород и полезных ископаемых, залегающих на небольшой глубине от поверхности. Объемы работ по проведению разведочных каналов довольно значительны — в СССР ежегодно проходится более 20 млн. м³ этих выработок. Параметры разведочных каналов различны: длина их устанавливается в зависимости от размеров исследуемых площадей и требований методики разведки; ширина каналов зависит от их глубины, формы поперечного сечения и свойств пород. Разведочные траншеи проходят в основном при детальной разведке россыпных месторождений.

В зависимости от условий и объема работ применяются следующие основные способы проходки открытых разведочных выработок: машинный (канавокопателями, экскаваторами, бульдозерами, колесными и канатными скреперами), с использованием энергии ВВ и ручной. Перечисленные способы по-разному характеризуются с экологической точки зрения. Проходка разведочных каналов канавокопателями и вручную сопровождается наименьшими нарушениями поверхности (минимальная ширина каналов, компактные удобные для ликвидации отвалы). Достаточно широко используемая бульдозерная проходка каналов приводит во многих случаях к неоправданному увеличению ширины выработок и созданию отвалов, ликвидация которых требует повышенных затрат; бульдозерный и экскаваторный способы наиболее приемлемы для проходки разведочных траншей. Проходка разведочных каналов взрывом на выброс характеризуется наибольшими экологическими последствиями — ширина образуемых взрывом каналов превышает в 3—4 раза их глубину, разброс породы по поверхности измеряется десятками метров в каждую сторону от выработки. Проходка каналов взрывом на выброс в настоящее время разрешается в исключительных случаях в труднодоступных (преимущественно горных) районах при непродуктивных почвах.

Несколько особое положение отводится разведочно-эксплуатационным открытым горным выработкам, с помощью которых осуществляется разведка и одновременно частичная разработка месторождений кристаллосырья. Эти выработки в виде отдельных траншей или карьеров имеют значительные параметры.

Отвалы горных пород, образуемые при проведении разведочных выработок, разделяют на временные и постоянные. К временным относят скопления породной массы, выданной на поверхность в процессе проведения разведочных каналов и неглубоких шурфов, впоследствии используемой для засыпки этих выработок после осуществления их геологической документации и опробования. Породы, выдаваемые из других разведочных выработок, складировются на поверх-

№ группы	Название группы отвалов	Емкость отвалов, тыс. м ³	Количество отвалов	Занимаемая площадь, га
I	Малые	Менее 10	40	5,5
II	Ниже средней емкости	10—50	23	17,2
III	Средние	50—100	4	7,5
IV	Выше средней емкости	100—250	6	31,6
V	Крупные	250—1000	2	11,4

ности в постоянные отвалы (не отличающиеся, по существу, от отвалов горных предприятий).

Мнение о том, что нарушения земной поверхности отвалами, распадающимися на промышленных площадках геологоразведочных экспедиций несущественны, ошибочно. Естественно, что размеры этих отвалов в подавляющем большинстве случаев меньше, чем размеры отвалов на земельных отводах горных предприятий, но нередко они также значительны и, кроме того, их количество велико.

Наибольшие по своим размерам породные отвалы возникают на промышленных площадках геологоразведочных экспедиций, ведущих разведку месторождений радиоактивных руд и разведочноэксплуатационные работы на месторождениях кристаллосырья. Так, на промышленных площадках Степной экспедиции производственного объединения «Уралкварцсамоцветы» Министерства геологии СССР располагаются 75 отвалов, сгруппированных в табл. 23 по размерам. Таким образом, только на территории одной экспедиции площадь земной поверхности, занятой породными отвалами, превышает 70 га.

6.5. МЕРОПРИЯТИЯ, СНИЖАЮЩИЕ НАРУШЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

Проблемы сохранения и восстановления земной поверхности в связи со строительством наземных транспортных и технологических трасс геологоразведочных экспедиций и партий являются актуальными, так как площади нарушаемых земельных участков (практически не учитываемые в настоящее время) достаточно велики.

Проиллюстрируем возможность сокращения нарушений земной поверхности за счет рационального выбора схем расположения подъездных путей к промышленным площадкам разведочного бурения. На рис. 27 представлены идеализированные схемы расположения подъездных путей в пределах участка разведочного поля. Транспортная трасса, от которой берут начало подъездные пути, обозначена на схемах цифрой 0; скважины первого ряда цифрами 1, 2, 3..., второго — 1', 2', 3' ... и т. д.; расстояние между скважинами в ряду l_c , а между рядами — l_p . Приняв, что рельеф местности ровный, будем считать размеры нарушений поверхности пропорциональными длинам подъездных путей.

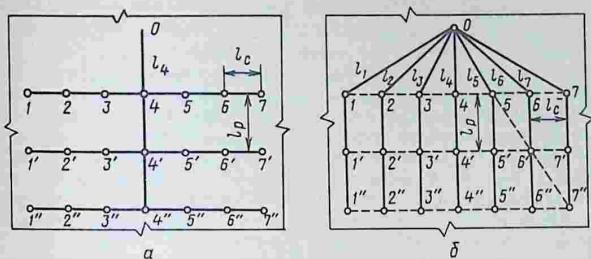


Рис. 27. Схема подъездных путей к буровым площадкам

В соответствии с первой схемой (рис. 27,а) от точки 0 сооружается один подъездный путь к скважинам первого ряда (отрезок 0-4), второго ряда (отрезок 4-4') и т. д.; скважины, расположенные в одном ряду, соединяются между собой подъездными путями. Суммарная длина подъездных путей, соединяющих все скважины разведочного поля с внешней транспортной коммуникацией, будет минимальной и составит:

$$\Sigma l \approx l_4 + l_p(n-1) + 2nl_c(m-1)... \quad (6.1)$$

где n — число рядов в сетке скважины; m — число скважин в ряду. По второй схеме (рис. 27,б) от конца внешней транспортной коммуникации сооружаются обособленные подъездные пути к скважинам первого ряда, с которыми в процессе продвижения фронта буровых работ соединяются подъездными путями соответствующие скважины последующих рядов. Суммарная протяженность подъездных путей в этом случае будет больше, чем в первом случае, и может быть определена по выражению:

$$\Sigma l = l_4 + 2(\sqrt{l_4^2 + l_c^2} + \sqrt{l_4^2 + 2l_c^2} + \dots + \sqrt{l_4^2 + 0,5ml_c^2}) + l_p n(m-1)... \quad (6.2)$$

Помимо этого следует отметить разовые переезды буровых установок между скважинами того или иного ряда. Одним из обоснований выбора второй схемы является довольно существенное сокращение расстояний перевозок грузов в процессе буровых работ на обширных разведочных полях.

К основным мероприятиям, направленным на сокращение экологического ущерба от сооружения и эксплуатации автомобильных и тракторных дорог, следует отнести: 1. Тщательный выбор видов транспортных связей и дорожных трасс с учетом конкретных географических условий, обеспечивающий снижение нарушения почвенно-растительного покрова местности. 2. Оптимизация конструктивных параметров, технологии сооружения, эксплуатации и ремонта дорожного полотна. 3. Выбор транспортных машин, обеспечивающих в

процессе эксплуатации при прочих равных характеристиках наибольшую сохранность дорожного полотна. 4. Установление наиболее благоприятных периодов для осуществления основных транспортных операций с учетом климатических условий и характеристик полотна трассы. 5. Проведение восстановительных работ на земельных участках, нарушенных при сооружении и ремонте дорог (в частности, снятие и сохранение почвенного слоя при разработке резервов с последующим перекрытием им вскрытых пород, а также укрепление от эрозии откосов выемок и насыпей). 6. Проведение восстановительных работ после окончания эксплуатации дороги с осуществлением элементарных агротехнических мероприятий по улучшению загрязненных и эрозирующих земельных участков.

При проектировании, сооружении, эксплуатации, консервации, восстановлении или ликвидации дорог геологоразведочных организаций мероприятия природоохранного характера должны соблюдаться столь же неуклонно, как и мероприятия технической эксплуатации и техники безопасности.

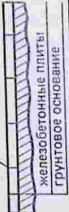
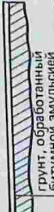
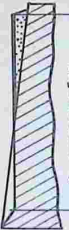
Бездорожное передвижение транспортных и технологических колесных и гусеничных машин в процессе геологоразведочных работ оказывает наиболее существенное отрицательное влияние на почвенно-растительный слой в тундровых и аридных районах, в которых восстановление естественных ландшафтов затруднено малой интенсивностью протекания природных биологических процессов. Каждый бездорожный рейс по тундре в летний период связан с нарушением почвенно-растительного слоя, приводящим к протаиванию грунтов, проявлению термокарста, в результате которого образуются провалы, ямы, заполненные водой, и так называемые «развеваемые пески», причем вездеход и тем более автомашина не может второй раз пройти по проложенной колее. Поэтому тундровые земли исполосованы неисчислимыми колеями.

Снижение нарушений поверхности тундры в летний период обеспечивается при использовании транспортных и технологических автомобилей на шинах арочного профиля, болотоходов (с малым удельным давлением на почву) и машин на воздушной подушке.

Значительное сокращение бездорожных перевозок может достигаться за счет более широкого использования водных транспортных средств не только на великих сибирских, но и на многочисленных мелких реках. При этом большое значение приобретают специальные мелководные буксиры, барки и катера, а работы, связанные с устройством транспортной связи, сводятся в некоторых случаях к расчистке в отдельных местах фарватеров рек.

Планирование и осуществление наземных перевозок в зимнее время при наличии мощного снежного покрова, а также устройство снежно-ледяных дорог — зимников и перевозка грузов по замерзшим рекам сокращают нарушения почвенно-растительного слоя в тундрах.

Мероприятия по снижению негативных последствий устройства и эксплуатации производственных площадок, на которых осуществляются геологоразведочные работы, рассмотрим применительно к площадкам бурения разведочных скважин. При необходимости плани-

ДЛЯ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ	ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ	ДЛЯ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ	ДЛЯ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ
А. В зоне вечной мерзлоты замок из глины  железобетонные плиты хворост теплоизоляционный слой грунтовое основание	А. Плодородные земли замок из глины или битума  железобетонные плиты грунтовое основание Б. Глины и суглинки  грунт, обработанный гашеной известью грунтовое основание В. Зона избыточного увлажнения  грунт, обработанный фосфатами грунтовое основание Г. При сильно увлажненных грунтах  грунт, обработанный молотой гашеной известью грунтовое основание В. Супесчаные почвы  грунт, обработанный цементом грунтовое основание Г. Песчаные почвы  грунт, обработанный битумной эмульсией грунтовое основание	А. Плодородные почвы замок из глины или битумной мастики  железобетонные плиты грунтовое основание Б. Глины и суглинки  грунт, обработанный гашеной известью грунтовое основание В. Супеси и пески  грунт, обработанный битумной эмульсией грунтовое основание	 слой мелкого щебня с грунто-цементом грунтовое основание цементная стяжка или покрытие с эмульсиями насыпной грунт грунтовое основание
Б. Супеси и глины  грунт, обработанный цементом грунтовое основание  грунт, обработанный цементом хворост грунтовое основание В. Глины и суглинки  грунт настил из дерева лежни грунтовое основание			

ровки поверхности, на которой будет располагаться производственная площадка, вся удаляемая ценная в биологическом отношении почва, должна складироваться в бурты. В местах возможного загрязнения поверхности нефтепродуктами, химреагентами, глиной, цементом, ухудшающими биологические характеристики почвы, верхний плодородный почвенный слой (мощностью 0,3–0,5 м) удаляется и также складывается в бурты. На подготовленной площадке сооружается покрытие, препятствующее попаданию загрязнителей в нижележащий почвенный слой. Покрытия сооружаются с твердой верхней поверхностью и гидроизоляционным слоем или грунтовые с гидроизоляционным слоем, в которых насыпной грунт является адсорбентом. Типы покрытий, выбираемые в зависимости от природных условий проведения буровых работ, представлены в табл. 24.

После окончания бурения железобетонные плиты демонтируются, породы, залегающие под ними, перепахиваются на глубину не менее 0,4 м и перекрываются почвами плодородного слоя, аккумулируемыми в буртах.

Снижение нарушаемых площадей земной поверхности при устройстве буровых площадок может быть обеспечено за счет сокращения их количества; последнее достижимо при бурении многозабойных скважин. Причем размеры буровой площадки при многозабойном бурении практически не больше размеров площадки для бурения одной скважины. Помимо уменьшения количества площадок соответственно уменьшается число и суммарная протяженность подъездных путей, располагаемых на разведочном поле.

Наибольшие нарушения поверхности при горноразведочных работах, как упоминалось, наблюдаются при проходке разведочных канав в связи с образованием полостей и расположением около них породных отвалов. При этом площадь поверхности, занимаемая отвалом, больше площади (в плане) самой канавы. Обычно породу, выдаваемую из выработки, отсыпают вдоль бортов канавы в валообразные, иногда называемые «ленточными», отвалы. Различают три формы поперечного сечения ленточных отвалов, определяемые способом отсыпки породы: треугольную, трапециевидную и сегментную. Расчетные параметры ленточных отвалов, определяемые исходя из их высоты и углов естественного откоса влажных пород, представлены в табл. 25. При проходке канавы значительной глубины емкость отвала может оказаться недостаточной для размещения выдаваемой из выработки породы, в этом случае ленточные отвалы располагаются на двух бортах канавы.

С учетом изложенного нетрудно определить площади земельных участков, нарушаемых при проведении разведочных канав. Произведем примерный расчет, задавшись следующими условиями: во влажных суглинках с коэффициентом разрыхления, равным 1,3, проводятся разведочные канавы средней глубины 2 м; проходка осуществляется без крепления, устойчивость бортов трапециевидной канавы обеспечивается за счет придания стенкам выработки угла наклона 60° . При этом объем одного погонного метра выработки составит $v=3,9 \text{ м}^3$; ширина канавы поверху $c=3,1 \text{ м}$; для размещения породы в ленточные отвалы с

Таблица 25

Форма поперечного сечения отвала	Породы, отсыпae- мые в отвал	Параметры отвала		
		высота, м	ширина осно- вания, м	площадь попереч- ного сечения отвала, м²*
Треугольная	песок или суглинки	0,5	1,4	0,36
		1,0	2,8	1,43
		1,5	4,2	3,22
	Глина или скальные породы	0,5	1,6	0,40
		1,0	3,2	1,60
		1,5	4,8	3,60
Трапецевидная при ширине верхней поверх- ности, равной высоте отвала	Песок или суглинки	0,5	1,9	0,61
		1,0	3,9	2,43
		1,5	5,7	5,74
	Глина или скальные породы	0,5	2,1	0,65
		1,0	4,2	2,60
		1,5	6,3	5,82
Трапецевидная при ширине верхней поверх- ности, равной двум высотам отвала	Песок или суглинки	0,5	2,4	0,86
		1,0	4,9	3,43
	Глина или скальные породы	0,5	2,6	0,9
		1,0	5,2	3,6
Сегментная	Песок или суглинки	0,5	3,1	1,22
		1,0	6,2	1,71
	Глина или скальные породы	0,5	3,5	1,26
		1,0	7,0	1,86

* Площадь поперечного сечения отвала численно равна его удельной емкости (емкости одного метра длины отвала)

трапецевидной формой поперечного сечения (табл. 24) необходимо с обеих сторон выработки расположить два отвала высотой 1 м. Ширина участка, занимаемого канавой и отвалами, составит:

$$B = 2(a + b) + c, \quad (6.3)$$

где $a = 3,8$ м — ширина основания отвала; $b = 0,3$ м — берма безопасности между кромкой канавы и отвалом; $c = 3,1$ м — ширина канавы поверху. Отсюда $B = 2(3,8 + 0,3) + 3,1 = 11,3$ м.

Для представления о размерах площадей поверхности, нарушаемой при проведении разведочных канав, условно допустим, что выполнение всего объема открытых разведочных выработок в СССР достигается за счет проходки канав с приведенными выше параметрами выработок и отвалов. В этом случае суммарная площадь нарушаемых за год земель составит более 6000 га. Таким образом, ущерб, наносимый земной поверхности при проведении разведочных канав, очень значителен, и при непринятии необходимых мер он со временем увеличивается за счет водной и ветровой эрозии пород. Восстановление земной поверхности после проходки и геологической документации разведочных канав является важным мероприятием, недооценка которого недопустима.

В отдельных случаях канавы, пройденные вблизи населенных пунктов, могут переоборудоваться для устройства искусственных водоемов, буртов для хранения овощей или даже для сооружения парников, восстановительные работы при этом носят своеобразный характер. В общем же случае разведочные канавы после их использования по назначению подлежат засыпке породой из отвалов.

В связи с тем что разрыхленная порода занимает больший объем, часть ее не размещается в выработке и оставляется на поверхности. При горизонтальной поверхности или расположении канавы вдоль склона из оставшейся породы формируют вал непосредственно над засыпанной выработкой вдоль ее длины. Над канавами, расположенными под углом к направлению склона, вал породы несколько смещается от оси канавы в сторону подъема поверхности.

При более или менее ценном почвенном слое для повышения эффективности восстановительных работ представляется целесообразным рекомендовать в процессе проходки канав селективную выемку и складирование породы. Оптимальные условия для этого создаются при сравнительно большой мощности почвенного слоя и примерном равенстве массы вынимаемых плодородных и неплодородных пород. В этих случаях снимаемый в пределах контура канавы верхний плодородный слой складывается в один из отвалов, а неплодородная порода — в отвал, формируемый у противоположного борта канавы. При этом до начала проходческих работ в пределах контура проектируемой канавы вырываются копуши для определения мощности плодородного слоя пород. Засыпка канавы начинается из отвала

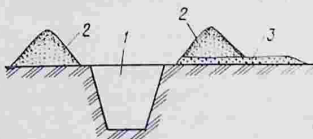


Рис. 28. Поперечное сечение комбинированного ленточного отвала:

1 — разведочная канава; 2 — неплодородные породы; 3 — порода почвенно-растительного слоя

неплодородной породы; верхняя часть канавы перекрывается плодородной породой из другого отвала.

При относительно небольшой мощности плодородных пород складирование их в отдельный отвал нецелесообразно, эти породы размещают в виде плоского трапециевидного основания одного из ленточных отвалов неплодородных пород, образуя, таким образом, комбинированный отвал. Этому отвалу

придается форма (рис. 28), обеспечивающая возможность раздельного ручного или бульдозерного перемещения из него неплодородных и плодородных пород в засыпаемую канаву.

При проходке разведочных канав скреперами или бульдозерами формируются отвалы других форм, осуществление селективной выемки, раздельного хранения и засыпки в выработку плодородных и неплодородных пород практически не осложняет процессы проходки и ликвидации канав.

Работы по восстановлению земель, нарушенных при проходке канав взрывом на выброс, очень трудоемки или практически не осуществимы.

Разведочные траншеи, как упоминалось, обычно проводятся при детальной разведке россыпных месторождений. Так как эти выработки располагаются в пределах планируемого для разработки полигона, то восстановление нарушенной поверхности как самостоятельная операция не производится, а осуществляется в необходимой мере в процессе подготовки поверхности к горно-эксплуатационным работам.

При сейсморазведке, проводимой со взрыванием зарядов ВВ в скважинах, имеют место локальные нарушения растительно-почвенного слоя с образованием полости — деформированной скважины с воронкой выброса в приустьевой части — и засорения поверхности выброшенной при взрыве породой. Эти нарушения невелики, однако образованная на поверхности полость потенциально опасна для людей и животных, поэтому работы по восстановлению поверхности обязательны. Один из рекомендуемых способов заключается в следующем: на участке нарушенной взрывом поверхности вырывают канаву, пересекающую воронку выброса, в которую закладывают лежень с прикрепленным к нему бревном, вставляемым в скважину (рис. 29); канаву засыпают и разравнивают поверхностный слой породы.

После геологической документации и опробования неглубокие шурфы засыпаются породой из временного отвала; ликвидация глубоких шурфов (из которых, в частности, проходятся рассечки) сопровождается только частичным уменьшением объемов отвалов (так как большая часть породы оставляется на поверхности).

Необходимо отметить, что расширение области применения прогрессивного способа проходки разведочных шурфов бурением приведет к снижению площадей нарушаемой поверхности. Дело в том, что площадь поперечного сечения шурфов (зависящая от глубины H для выработок круглого сечения примерно равна $(0,05 \div 0,1)H$, а для выработок прямоугольного сечения $(0,2-0,25)-H$; соответственно с этим поперечное сечение шурфов, пройденных бурением, и количество выдаваемой

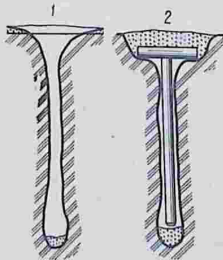


Рис. 29. Ликвидация взрывных скважин при сейсморазведочных работах:

1 — скважина после взрыва заряда ВВ, 2 — ликвидированная скважина

на поверхность породы меньше, нежели при проходке шурфов прямоугольного сечения.

Проектирование и проведение разведочных стволов шахт и штолен с комплексом подземных выработок должно осуществляться с учетом использования их в процессе последующей эксплуатации месторождения. Это помимо экономической целесообразности снижает, в частности, объемы проходческих работ при строительстве горных предприятий и разработке месторождений, а следовательно, и параметры располагаемых на земельных отводах породных отвалов.

Ущерб земельным участкам вблизи устьев стволов разведочных шахт и штолен может быть в значительной степени уменьшен за счет вывозки пород, выдаваемых из выработок, в овраги, балки, болота или использования их для дорожного строительства и других целей.

Остающиеся на поверхности отвалы подлежат рекультивации. Рекультивация породных отвалов при горноразведочных работах осуществляется аналогично рекультивации отвалов при разработке месторождений (различие в основном сводится к масштабам и степени механизации работ), поэтому вопросы рекультивации отвалов рассматриваются совместно в разделах 6.9—6.11.

6.6. НАРУШЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Территории, нарушаемые при разработке месторождений полезных ископаемых, представлены на схеме 9. Стационарность (по сравнению с геологоразведочными работами) горного предприятия снижает масштабы нарушений земной поверхности при расположении транспортных коммуникаций. Кроме того, эти транспортные коммуникации, как и поселки или города, смежные промышленные предприятия, водохранилища, теплоэлектростанции, линии электропередач, в большинстве случаев становятся важнейшими элементами социального развития района и сохраняют свое значение после завершения горно-эксплуатационных работ. Нарушения земной поверхности, непосредственно связанные с производством горных работ, ограничиваются в основном площадями горных отвалов и территориями, выделяемыми для размещения отходов производства. Суммарная площадь поверхности, нарушенной горными работами, в СССР в 1975 г. составляла около 1,5 млн. га, в ближайшее десятилетие она возрастет еще больше.

Наибольшие нарушения земной поверхности являются следствием проходки открытых горных выработок, вскрышных работ и выемки полезных ископаемых в карьерах; при подземных разработках — выемки полезных ископаемых, сопровождаемой обрушением вышележащих пород с деформацией подработанной поверхности и, наконец, при открытой и подземной разработке — расположением на поверхности отвалов пород, выдаваемых из горных выработок.

Существует несколько классификаций форм ландшафтных нарушений земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых. Приведем одну из них, дополнив ее формами нарушений при горноразведочных работах (табл. 26).

Нарушение земной поверхности	Форма рельефа	Процессы, определяющие возникновение техногенного рельефа
Канавы	<i>Формы рельефа, обусловленные открытыми</i> Вытянутые горизонтальные или наклонные выемки прямоугольного, трапециевидного или ступенчатого сечения	<i>горными работами</i> Понски и разведка месторождений; гидравлическая, дренажная и другие способы разработки россыпей; ограждение промоин от затопления
Траншеи	Вытянутые горизонтальные или наклонные выемки трапециевидного или ступенчатого сечения	Разведка россыпных месторождений, вскрытие месторождений, разрабатываемых открытым способом
Карьеры, разрезы, полигоны	Выровненные мультислойные впадины (западнообразная выемка)* Мультислойные гребневые впадины (западнообразная выемка) Трапециевидные вытянутые горизонтальные впадины (западнообразная или котлованнообразная выемка) Трапециевидные террасированные вытянутые горизонтальные впадины (террасированная выемка) Широкообразные террасированные впадины (террасированная выемка)	Разработка площадных горизонтальных или пологопадающих залежей поверхностного типа и малой мощности при отсутствии или маломощном слое вскрышных пород Разработка аналогичных залежей с размещением вскрыши отдельными грядами на дне карьера Разработка вытянутых залежей пологого падения, поверхностного типа и малой мощности с перевалкой или перевозкой вскрыши во внешние отвалы Оставление незаполненного отвалами выработанного пространства при разработке аналогичных залежей с перевалкой вскрыши во внутренние отвалы То же при разработке площадных залежей пологого падения, глубинного типа, любой мощности с перевалкой или перевозкой вскрыши во внутренние отвалы Разработка залежей глубинного типа, наклонного или крутого падения, любой мощности с перевозкой вскрыши во внешние отвалы
Отвалы	Валообразные треугольные, трапециевидной и сегментной формы сечения Холмообразные	Прокладка разведочных канав и неглубоких траншей канавокопателями и экскаваторами Отвалообразование при прокладке разведочных канав и траншей скреперами и бульдозерами; отсыпка вскрыши при скреперно-бульдозерной разработке россыпей

Нарушение земной поверхности	Форма рельефа	Процессы, определяющие возникновение техногенного рельефа
Впадины и провалы	Платообразные Гребневидные	Отсыпка одноярусных отвалов при транспортировке вскрыши Перевалка вскрыши экскаваторами, отвалообразователями или транспортно-отвальными мостами; отсыпка отвалов при экскаваторной и дражной разработке россыпей; отсыпка верхнего яруса платообразных отвалов драглайнами или консолями отвалообразователями Отсыпка многоярусных отвалов при транспортировке вскрыши
	Платообразные террасированные (платообразно-террасированный) <i>Формы рельефа, обусловленные подземными</i>	
	Мульдобообразные (мульда оседания, прогиб)	Разработка платообразных залежей горизонтального или пологого падения
	Мульдобообразные террасированные (мульда оседания) Каньонообразные	Разработка платообразных наклонных залежей
	Воронкообразные	Разработка крутопадающих залежей средней и большой мощности Разработка крутопадающих и штокообразных залежей
Отвалы	Ленточные полукольцевые	Отсыпка породы при проходке разведочных шурфов бурением
	Ленточные прямолинейные	Отсыпка породы из шурфов и разведочных шахт при использовании простейших средств отвалообразования
	Веерные	Отсыпка пород из разведочных и эксплуатационных выработок при бульдозерном отвалообразовании
	Коннеческие (терриконки)	Отсыпка из эксплуатационных (редко разведочных) шахт с применением скитов или вагонеток
	Гребневидные	Отсыпка одноярусных отвалов с применением автомобильного или железнодорожного транспорта и канатных дорог
	Платообразные (плоские)	Отсыпка одноярусных отвалов с применением автомобильного или железнодорожного транспорта
	Платообразные террасированные (платообразно-террасированный)	Отсыпка многоярусных отвалов при той же механизации

* Примечание. В скобках термины по ГОСТ 17.5.1.01-78.

Отметим, что помимо перечисленных нарушений земной поверхности, возникающих непосредственно вследствие производства горных работ, значительные земельные участки занимают отвалы сухих хвостов обогащения и хвостохранилищами.

Каждое из нарушений земной поверхности, само собой разумеется, связано с изъятием большего или меньшего земельного участка у землепользователей на какой-то определенный период времени, а следовательно, с сокращением земельного фонда страны. Изменения, вызванные нарушением поверхности, отрицательно сказываются на ее биологических, эрозийных и эстетических характеристиках. Нарушения приводят к гибели или деградации растительного покрова; ухудшению качества и изменению структуры или вообще потере плодородного почвенного слоя, к таким изменениям форм рельефа, что участки поверхности становятся малопригодными для продуктивного использования в сельском и лесном хозяйстве, а также для других целей. Результатом появления впадин и выемок на земной поверхности является изменение водных режимов и, как следствие, заболачивание местности. Лишенные растительного покрова нарушенные обнажения породы подвергаются интенсивной водной и ветровой эрозии.

Открытые разработки месторождений характеризуются наиболее обширными ландшафтными нарушениями, причем значительная и нередко гораздо большая часть их представляется в виде отвалов вскрышных пород, располагаемых за пределами карьерных полей. Кроме того, по данным американских исследователей, каждый участок земли, нарушенный при открытой разработке месторождений, оказывает вредное влияние на участок примерно такой же площади прилегающей территории.

Выработанное пространство характеризуется занимаемой площадью, глубиной, устойчивостью бортов, физико-химическими свойствами пород и гидрогеологическими особенностями.

Отвалы вскрышных пород характеризуются в экологическом аспекте своим местоположением (внутренние или внешние отвалы), параметрами, формой, физико-химическими свойствами пород и гидрогеологическим режимом.

Относительно значительные площади земельных отводов нарушаются въездными и разрезными траншеями; характеристика этих нарушений определяется геометрическими параметрами выработки.

При подземной разработке месторождений ландшафтные нарушения характеризуются параметрами образующихся вследствие подработки прогибов, впадин и провалов на земной поверхности, их гидрогеологическими режимами и, кроме того, как и при открытой разработке, особенностями породных отвалов. Только в Донбассе под шахтные отвалы ежегодно отводится более 500 га (часто плодородных) земель.

Процессы естественного восстановления растительных покровов, почв и рельефов нарушенных земель протекают медленно или вообще не могут быть эффективными и действенными — нарушения земной поверхности, как правило, не исчезают и становятся устойчивыми техногенными формированиями.

Нарушенные земли подлежат искусственному восстановлению, при-

чем восстановительные работы не сводятся к тем простейшим мероприятиям, которые упоминались в предыдущем разделе, они сложнее и более трудоемки, а также требуют значительных затрат средств и времени.

Выявление, учет и картографирование нарушенных земель с установлением их площадей и качественного состояния называют «инвентаризацией нарушенных земель».

Комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, называют рекультивацией.

6.7. СНИЖЕНИЕ МАСШТАБОВ НАРУШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Итак, основные нарушения поверхности при разработке месторождений заключаются в образовании различного вида углублений (выемок, впадин, провалов) и возвышенностей (отвалов). Снижение площадей нарушений может быть достигнуто за счет уменьшения параметров и количества этих антропогенных углублений и возвышенностей на земной поверхности.

Влияние размеров и количества карьеров. Рассмотрим возможности сокращения нарушения поверхности карьерными выработками при разработке месторождений стройматериалов. Одно из особенностей этих месторождений — их широкое распространение (глины, пески, гравий обнаруживаются почти повсеместно). В связи с этим около населенных пунктов, промышленных предприятий и строек возникает огромное количество карьеров разной, преимущественно малой производительной мощности. Так, например, на территории относительно небольшой по своим размерам Литовской ССР (57 тыс. км²) для производства стройматериалов ведется открытая разработка более 500 месторождений. При замене карьеров небольшой производительности меньшим количеством укрупненных карьеров помимо многих технических и организационных преимуществ достигается и значительное сокращение нарушаемых площадей земной поверхности. Для обоснования последнего сопоставим площади нарушения земной поверхности при добыче полезных ископаемых из нескольких небольших и одного укрупненного карьера равной суммарной производительной мощности.

Рассмотрим частный случай. На рис. 30 схематично изображены поперечные разрезы нескольких малых карьеров, на каждом из которых добываются одинаковые количества полезного ископаемого, и одного укрупненного, имеющего суммарную производительность малых карьеров. При этом для всех карьеров приняты одинаковые мощности перекрывающих пород и продуктивных пластов, а также одинаковые длины карьерных полей прямоугольной формы. Исходя из принятых условий, разность нарушаемых площадей при добыче равного количества минерального сырья из малых карьеров и укрупненного составит:

$$\Delta S = nS'_k - S_k = 2(n-1)H_k \operatorname{ctg} \gamma_{cp} (l_k + 2H_k \operatorname{ctg} \gamma'_{cp}), \quad (6.4)$$

где ΔS — изменение нарушаемых площадей, м²; S'_k и S_k — соответствен-

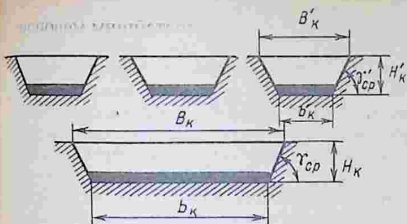
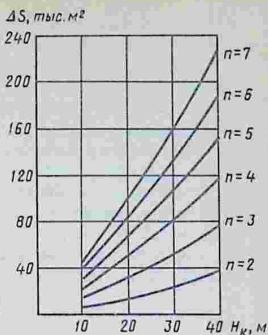


Рис. 30. К расчету площадей, занимаемых карьерами

Рис. 31. График изменения площади нарушаемых земель в зависимости от глубины карьеров при разном их количестве



но площади нарушения небольшим и укрупненным карьером, м^2 ; n — количество небольших карьеров; $H_K = H'_K$ — глубина карьеров; м ; $\gamma'_{cp} = \gamma_{cp}$ — усредненные углы откосов бортов карьеров, град.; $l_K = l'_K$ — длины дна карьеров, м .

График $\Delta S = f(H_K)$ при различных n , построенный по расчетным значениям, дает представление об интенсивности изменений площадей нарушаемых земель (рис. 31). Эта разность ΔS возрастает с увеличением количества малых карьеров, их глубины и углов откосов бортов.

При выборе количества и производственной мощности карьеров стройматериалов в том или ином районе должно учитываться не только местоположение потребителей минерального сырья и расходы на его перевозку, но и снижение экологического ущерба от нарушении земной поверхности. Целесообразно в процессе геологоразведочных работ составлять экологический кадастр районов разведываемых месторождений, в соответствии с которым при проектировании прогнозировать экологический ущерб (с учетом качества и площади нарушаемых земель).

Для месторождений других полезных ископаемых высказанные соображения приобретают практическое значение только в исключительных случаях, так как количество и производственная мощность карьеров определяются местоположением месторождений и запасами полезных ископаемых.

Влияние расположения и количества отвалов. При открытой разработке месторождений расположение вскрышных пород во внутренних отвалах является оптимальным в отношении снижения площадей нарушаемых земель. При расположении отвалов вскрышных пород за пределами контура карьерного поля могут быть выделены два варианта, характеризующиеся различным влиянием на изменение качества и масштабов нарушений земной поверхности: 1) расположение отвалов на землях, непригодных для сельского и лесохозяйственного производства и других целей (овраги, балки, впадины и провалы, образовавшиеся вследствие подземной разработки месторождений, пустоши, заболочен-

ные земли и др.); 2) расположение отвалов на землях, ранее используемых в сельском или лесном хозяйстве или для других целей.

Первый вариант в отношении рационального землепользования предпочтительнее второго; так как отсыпка вскрышных пород на непригодных землях («неудобьях») во многих случаях даже обеспечивает улучшение ландшафта и биологической продуктивности этих земель (засыпанные породой овраги, впадины, болота могут быть превращены в продуктивные земли).

Однако этот вариант целесообразен в тех случаях, когда непродуктивные земли располагаются на относительно небольших расстояниях и затраты на транспортировку горных пород не являются чрезмерными. С помощью формулы экономического сравнения вариантов можно определить предпочтительность того или иного варианта:

$$\Sigma VC_1 + \Sigma S_1 C'_3 - \Sigma S_3 f' \leq \Sigma VC_2 + \Sigma S_1 C_3 + \Sigma S_2 f_2 + \Sigma S_1 (f' - f''), \quad (6.5)$$

где ΣVC_1 — суммарные затраты на перевозку пород на отвалы, располагаемые на непригодных для использования землях; V — объем породы, м³; C_1 — затраты на перевозку 1 м³, руб.; $\Sigma S_1 C'_3$ — суммарные затраты на рекультивацию отвалов, расположенных на непригодных землях; S_1 — площадь отвалов, подлежащая рекультивации, га; C'_3 — затраты на рекультивацию 1 га поверхности отвалов, руб.; $\Sigma S_3 f'$ — суммарный доход от перевода непродуктивных земель в продуктивные, руб.; S_3 — общая площадь земель, переведенных в продуктивные, га; f' — ценность одного гектара улучшенной при рекультивации земли, руб.; ΣVC_2 — суммарные затраты на перевозку пород на отвалы, расположенные на землях, пригодных для использования, руб.; C_2 — затраты на перевозку 1 м³, руб.; $\Sigma S_1 C_3$ — суммарные затраты на рекультивацию отвалов, расположенных на землях, пригодных к использованию, руб.; S_1 — площадь отвалов, подлежащая рекультивации, га; C_3 — затраты на рекультивацию 1 га, руб.; $\Sigma S_2 f_2$ — суммарный ущерб от изъятия земель из народнохозяйственного пользования, руб.; S_2 — общая изымаемая площадь, га; f_2 — ценность 1 га земли; $\Sigma S_1 (f' - f'')$ — суммарный эффект от изменения ценности пригодных земель до изъятия и после рекультивации, руб.; f'' — ценность 1 га рекультивированных земель, руб.

Эти два варианта применимы и для горных предприятий подземной разработки месторождений, за исключением шахт с терриконами. И хотя количество породы, выдаваемой из подземных выработок шахт и рудников, меньше, чем из карьеров, в обоих случаях рациональное размещение породных отвалов на земной поверхности является актуальной задачей.

Количество породных отвалов оказывает довольно существенное влияние на размеры площади нарушаемых земель. В общем случае при одинаковых количествах пород, отсыпаемых в большее число отвалов, увеличивается площадь нарушаемой поверхности. Исключением является размещение пород на непригодных землях, при котором увеличение числа отвалов может оказаться весьма целесообразным, если, допустим, засыпают несколько оврагов.

В случае расположения отвалов на продуктивных землях на шахте

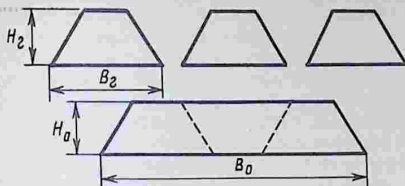


Рис. 32. К расчету ширины общего и групповых отвалов

или руднике порода, выдаваемая из подземных горных выработок, обычно отсыпается в один отвал, на земельных отводах карьеров, наоборот, чаще сооружается несколько отвалов. Количество их определяется в основном экономичностью транспортирования вскрышных пород, при этом возможность сокращения площадей земельного отвода за счет уменьшения количества отвалов, как правило, не рассматривается. Значимость снижения занимаемой отвалами площади за счет сокращения их количества проиллюстрируем (как это было сделано для карьеров) примером сравнения площадей, занимаемых одним общим для карьера отвалом и тремя «групповыми», или «отдельными» (по акад. Н. В. Мельникову) отвалами при равенстве суммарной емкости последних с емкостью общего отвала, а также при равенстве длин, высот и углов откоса всех отвалов (рис. 32). Из рисунка следует, что при заданных параметрах для отвалов с прямоугольным основанием и трапециевидной формой поперечного сечения ширина основания общего отвала (пропорциональная занимаемой площади земной поверхности) будет меньше суммарной ширины трех групповых отвалов:

$$B_0 = mB_r - 0,5C(m-1), \quad (6.6)$$

где B_0 и B_r — ширина основания соответственно общего и группового

Т а б л и ц а 27

Высота отвала, H , м	Угол откосов α , град	Ширина основания общего отвала B_0 , м	Суммарная ширина оснований групповых отвалов B_r , м, при разном их количестве		
			$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$
10	20	125	188	243	288
	30	125	180	225	260
	40	125	178	222	256
20	15	250	384	408	600
	20	250	376	480	576
	30	250	368	465	548
40	40	250	364	456	532
	15	500	768	996	1204
	20	500	752	966	1156
	30	500	736	942	1100

Примечание. Угол откосов отвалов в расчетах принимался в пределах 15–40° — наименьшие углы введены для возможности сопоставления площадей, занимаемых отрекультивированными отвалами (с выложенными в процессе рекультивации откосами).

отвалов, м; m — количество групповых равновеликих отвалов; $C = 2H \operatorname{ctg} \alpha$, где H — высота отвалов, м; α — угол откоса, град.

Разница между шириной общего и групповых отвалов, составляющая $0,5 C(m-1)$, возрастает с увеличением высоты и количества отвалов и с уменьшением углов их откосов. Представление о значимости изменений этой величины можно получить из расчетных данных, приведенных в табл. 27. Выполненные расчеты позволяют заключить, что площадь, занимаемая отвалами, весьма заметно возрастает с увеличением количества отвалов (превышая двухкратное увеличение при четырех групповых отвалах по сравнению с общим отвалом; и, далее, увеличиваясь по мере возрастания на земельном отводе карьера числа отвалов).

Снижение площадей нарушаемой земной поверхности может достигаться и за счет изменения форм и размеров отвалов (эти вопросы рассматриваются в следующем разделе учебника).

Снижение нарушений подрабатываемой поверхности. Мероприятия по снижению или исключению деформаций земной поверхности в результате подземной разработки месторождений связаны с повышением потерь полезных ископаемых или значительным удорожанием добычных работ. В связи с этим они реализуются практически только в тех случаях, когда участки земной поверхности необходимо сохранять в связи с расположением на них городов и промышленных предприятий, газопроводов, водоемов и ценных лесных массивов.

Проиллюстрируем изложенное несколькими примерами из практики подработки некоторых объектов в Донбассе. Город Донецк (почти с двухмиллионным населением) расположен на территории горных отвалов 32 шахт, запасы угля под городскими постройками составляют 540 млн. т. Под центральной частью города выемка угля из пологопадающих пластов мощностью около 1 м, залегающих на глубине 530 м, осуществлялась с полной пневмозакладкой выработанного пространства; повреждений конструкций даже многоэтажных зданий в течение ряда лет после подработки не наблюдается.

В г. Енакиеве несколько заводов располагаются в зоне влияния горных работ шахты «Красный Октябрь», разрабатывающей свиту крутопадающих пластов мощностью до 1,7 м, причем запасы угля в них определяются в 8 млн. т. Выемка угля с полной гидравлической закладкой выработанного пространства и оставление в двух пластах охранных целиков обеспечили возможность добычи до 1975 г. около 2 млн. т, однако хотя серьезных осложнений в работе заводов не было, но затраты на ремонтно-восстановительные мероприятия зданий измерялись сотнями тысяч рублей.

При подработке водоемов на первый план выступает задача предотвратить поступление в опасных количествах воды в горные выработки через нарушаемую толщу пород, а затем уже обеспечить сохранность подрабатываемого объекта с поймой реки и прилегающих к ней лесных массивов и т. д. Подработка водных объектов производится с учетом геологических и гидрогеологических данных подрабатываемой толщи пород. При этом сложность подработки характеризуется так называемым «коэффициентом безопасной глубины», равным отношению глу-

бины ведения горных работ под водным объектом к мощности разрабатываемого пласта. Отсутствие трещин, плоскостей напластования и наличие мощных водоупорных слоев в подрабатываемых породах относятся к факторам, облегчающим условия подработки водоемов. К примерам, не повлекшим негативных последствий подработки поверхностных водоемов, относится разработка угольных пластов шахтами им. Капустина и Терновская, осуществляемая под наиболее крупными реками Донбасса — Северский Донец и Самара.

При разработке тонких пластов угля, залегающих преимущественно на значительных глубинах, деформация поверхности обычно не приводит к существенным нарушениям корневых систем деревьев, и если она не сопровождается изменениями режима грунтовых вод, то влияние ее на лесные массивы проявляется только в краевых участках мульд. Так в подрабатываемых шахтами «Торезантрацит» Леонтьевском и Глуховском лесных массивах существенных изменений растительного покрова не наблюдается. В лесных массивах, располагающихся в поймах рек, проседание земной поверхности сопровождается изменением гидрогеологического режима и в большинстве случаев леса заболачиваются.

Разработка мощных угольных пластов или рудных залежей сопровождается «катастрофическими» по характеру изменениями ландшафта с разрушением строительных сооружений, резкими изменениями водного режима поверхности и толщи перекрывающих полезные ископаемые пород, а также гибелью растительного покрова.

Мероприятия, ограничивающие масштабы этих изменений, заключаются в оставлении охранных целиков и использовании закладки (в том числе твердеющей) выработанного пространства.

6.8. ОБОСНОВАНИЕ ФОРМ И РАЗМЕРОВ ОТВАЛОВ С УЧЕТОМ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ

Оптимальная форма отвалов. Важной составной частью управления землепользованием до начала разработки месторождений является проектирование отвального хозяйства горных предприятий. Помимо выбора месторасположения и количества отвалов, о которых уже шла речь, весьма важным считается установление рациональных форм отвалов. Форма отвала определяет не только размеры площади нарушаемых земель, но и рациональность использования их после восстановления.

Обоснование формы отвалов. От формы отвала зависят размеры площади его откосов — наиболее подверженные эрозии части поверхности отвала до его рекультивации и менее продуктивные части после проведения рекультивационных работ. Поэтому при выборе формы отвалов целесообразно стремиться к уменьшению площадей их откосов и увеличению площадей верхней поверхности (приближающейся к горизонтальной); отметим, что терриконы и гребневидные отвалы практически не имеют верхней горизонтальной поверхности.

Сокращение площадей откосов может быть достигнуто путем уменьшения периметра основания отвала и его высоты. Наименьшие периметры основания имеют отвалы правильной геометрической формы; оптимальными следует считать отвалы с круглым, квадратным или прямоугольным основанием (первые имеют минимальный периметр). При

Форма основания	Геометрическое тело	Объем	Ширина (радиус) основания	Площадь поверхности	
				верхней	боковой
Круг	Усеченный конус	$V_k = \frac{1}{3} \pi H (3R^2 - 1,5RC + 0,25C^2)$	$R = 0,25 C + \sqrt{\frac{V_k}{\pi H} - 0,02C^2}$	$S_{\text{в}} = \pi (R^2 - RC + C^2)$	$S_{\text{б}} = \frac{\pi H}{\sin \alpha} (2R - 0,5C)$
Квадрат	Усеченная пирамида	$V_n = \frac{1}{2} n H (3B^2 - 3BC + C^2)$	$B = 0,5C + \sqrt{\frac{V_n}{H} - 0,08C^2}$	$S_{\text{в}} = 2B^2 - 3BC + C^2$	$S_{\text{б}} = \frac{2H}{\sin \alpha} (3B - C)$
Прямоугольник	Обелиск $L : B = n$	$V_o = \frac{1}{2} n H (3B^2 n - 1,5BC \times (n+1) + C^2)$	$B = \frac{1}{2n} [0,05C(n+1) + \sqrt{4V_o n + 0,25C^2(n+1)^2} - 1,32 n C]$	$S_{\text{в}} = nB^2 - BC(n+1) + C^2$	$S_{\text{б}} = \frac{2H}{\sin \alpha} [B(n+1) - C]$

* где $C = 2H \operatorname{ctg} \alpha$

Т а б л и ц а 29

Способ отвалообразования	Параметры отвалов при емкости, млн. м ³							
	50		110		150		170	
	ширина B_0 , м	высота H , м	ширина B_0 , м	высота H , м	ширина B_0 , м	высота H , м	ширина B_0 , м	высота H , м
Бульдозерный Экскаваторный	500—600 800—1000	35—45 30—40	600—3000	50—60	— 1350—1750	— 30—40	750—1000	55—65 1600—1900 35—45

проектировании с определенным допущением можно считать, что отвалы с круглым основанием имеют форму конуса или усеченного конуса, с квадратным основанием — усеченной четырехгранной пирамиды и с прямоугольным — обелиска.

В табл. 28 приведены взаимосвязи основных параметров отвалов, имеющих правильные геометрические формы, при этом приняты следующие обозначения: V_k , V_n , V_o — соответственно объемы отвалов, имеющих форму усеченного конуса, усеченной пирамиды и обелиска, m^3 ; R , B — соответственно радиус или ширина основания отвала, m ; n — соотношение длины и ширины основания отвала с прямоугольным основанием; S_v — площадь верхней поверхности отвала, m^2 ; S_b — площадь боковой поверхности отвала, m^2 .

Преимущество отвалов с прямоугольным основанием состоит в том, что верхняя поверхность их также имеет прямоугольную форму, наиболее удобную для выбора оптимальных условий эксплуатации сельскохозяйственных машин после рекультивации; при этом часто рекомендуют соотношение длины и ширины основания отвала, равное двум (для оптимальных условий механизации полевых работ площадь участка должна быть не менее 10 га, при ширине больше 200 м).

К выбору высоты отвалов. Увеличение высоты проектируемого отвала позволяет при неизменной его емкости сократить занимаемую им площадь земной поверхности. Тенденция к увеличению высоты отвалов для экономного использования площадей земельных отвалов карьеров проявляется в течение двух последних десятилетий. Однако выбору высоты отвалов необходимо уделять особое внимание, так как влияние этого параметра не только существенно сказывается на эффективности отвальных и рекультивационных работ, но и сохраняется на неопределенно долгое время, проявляясь в качестве постоянного фактора воздействия техногенного ландшафта на природную среду. В частности, при высоких отвалах наблюдается деформация (проседание) земной поверхности, нарушение режима подземных вод, заболачивание окружающей местности и создание своеобразного микроклимата.

Криворожским научно-исследовательским институтом НИГРИ выполнен расчет оптимальных параметров карьерных отвалов с учетом затрат на транспортировку и укладку породы, рекультивацию и денежную компенсацию за отчуждение земель. Оптимальные расчетные параметры отвалов с прямоугольным основанием при соотношении длины L и ширины B отвала равном двум, приведены в табл. 29.

На основании аналогичных расчетов, выполненных в научно-исследовательском институте НИИКМА, высоту отвалов большой емкости с железнодорожным и автомобильным транспортом пород рекомендуется выбирать в пределах 40–50 м, а при мощных отвальных комплексах непрерывного действия — даже до 100–120 м. Преимущества столь высоких отвалов в дорекультивационный период сводятся к значительному сокращению площади нарушаемой земной поверхности, а в послерекультивационный период эти преимущества в значительной мере утрачиваются или даже становятся иллюзорными. Причиной этого является выполаживание откосов отвалов в процессе рекультивации, производимое для увеличения их эрозионной устойчивости и повышения

биологической продуктивности. Недостатки сверхвысоких отвалов проявляющиеся при рекультивационных работах, следующие: огромные площади откосов, относящиеся к труднорекультивируемым и менее ценным после рекультивации поверхностям отвала; относительно небольшие площади верхней поверхности отвалов, относящиеся к наиболее биологически продуктивным, и практическая невозможность использования их для сельскохозяйственных целей (главным образом в связи с особенностью гидрогеологических условий). При наиболее эффективном и поэтому широко распространенном способе выполаживания откосов с перемещением породы сверху вниз занимаемая отвалом площадь земной поверхности увеличивается.

С увеличением высоты отвалов интенсивность увеличения их площади основания при выполаживании откосов возрастает, так как углы выполаживания откосов для высоких отвалов принимаются меньшими; соотношение между высотой отвалов и предельными углами отрекультивированных откосов приведены ниже:

Высота отвала, м	5	10	20	40	60	80	100
Предельный угол откоса, град	18	17	16	11	9	8	6

Проиллюстрируем изложенное расчетными данными (табл. 30), полученными при сопоставлении параметров двух отвалов вскрышных пород емкостью 500 млн. м³, имеющих форму обелисков высотой 40 и 120 м, занимающих до рекультивации соответственно 1400 и 700 га земной

Т а б л и ц а 30

Параметры отвала		Сравниваемые отвалы	
		№ 1	№ 2
<i>Неизменяемые параметры отвалов</i>			
Емкость V , млн. м ³		500	500
Высота H , м		40	120
<i>Параметры до рекультивации</i>			
Угол откоса α , град.		30	30
Занимаемая площадь S_0 , га		1400	700
Площадь верхней поверхности $S_{\text{в}}$, га		1290	480
Площадь боковой поверхности $S_{\text{б}}$, га		120	250
<i>Параметры после рекультивации</i>			
Угол откоса* β , град.		11	6
Занимаемая площадь $S_{\text{р.о.}}$, га		1510	1310
Площадь верхней поверхности $S_{\text{р.в.}}$, га		1190	120
Площадь боковой поверхности $S_{\text{р.б.}}$, га		330	1200
Потери хозяйственно ценных земель** $S_{\text{п.}}$, га		320	1190
Объем перемещаемой при выполаживании откосов породы $V_{\text{в}}$, млн. м ³		12	163

* Угол откоса — выбран из данных, представленных выше.

** Потери хозяйственно ценных земель представляют собой разницу между занимаемой отвалами площадью земной поверхности и площадью верхней поверхности отвалов.

поверхности (основание отвалов прямоугольной формы с соотношением $L:B=2$; углы откосов у обоих отвалов равны 30°).

Комментируя табличные данные, отметим следующее: 1. До рекультивации занимаемые отвалами площади различаются в 2 раза, после рекультивации различие составляет всего 16% (хотя абсолютная разница остается достаточно значительной и составляет 200 га). 2. Площадь верхней поверхности, являющаяся после рекультивации наиболее ценной в хозяйственном отношении, у отвала № 1 в 9 раз больше: разница в этих площадях составляет 1070 га. При рекультивации отвала высотой 120 м расчетный объем перемещаемой при выполаживании откосов породы в 13 раз больше такового для 40-метрового отвала (разница в трудоемкости этих работ при различной ярусности сравниваемых отвалов будет еще больше).

Таким образом характерные преимущества (в течение дорекультивационного периода) для 120-метрового отвала сменяются после проведения рекультивационных работ существенными недостатками, остающимися практически постоянными отрицательными факторами в техногенном ландшафте. Поэтому высоту отвалов, равную 30–40 м, следует считать предельной, превышение ее может быть оправдано только в каких-то особых случаях. Оптимальными с учетом использования земель в после-рекультивационный период следует считать платообразные отвалы умеренной высоты.

Качественно нового решения ждет проблема размещения на земной поверхности пород, которые необходимо будет выдавать из планируемых в настоящее время угольных карьеров с огромными объемами вскрышных работ.

Рассматривая вопросы создания карьеров «особо большой мощности» и относя к таким предприятиям разрезы Экибастузского, Южно-Якутского и Канско-Ачинского бассейнов, академик В. В. Ржевский проблему организации отвального хозяйства и рекультивации характеризует как особо важную. Сложность и значимость этой проблемы обусловлены чрезмерно большими количествами вскрышных пород, подлежащих выдаче на поверхность. В частности, на будущих «Северном» и «Южном» карьерах Экибастузского бассейна годовые объемы вскрышных пород составят в 1990 г. 176 млн. м³, в 2000 г. — 220–230 млн. м³, а к 2010 г. достигнут кульминационного значения — 300–320 млн. м³; общий объем вскрышных пород определен более чем в 20 млрд. м³, использование вскрышных пород в процессе реализации крупномасштабных рекультивационных мероприятий позволит, по прогнозу В. В. Ржевского, создать «крупный, благоустроенный, экологически целесообразный для населения этого района, оазис в окружающих степях»*. При этом, по-видимому, вскрышные породы целесообразнее размещать в одном обширнейшем платообразном отвале, который, по существу, правильнее назвать искусственным плато. На поверхности плато должен быть сформирован микроландшафт, обеспечивающий оптимальные климатические и гидрогеологические условия в «оазисе»; в отличие от природных естественных

* Ржевский В. В. О создании разрезов особо большой мощности. — Уголь, 1982. № 11, с. 20.

плато границы его должны быть представлены слабонаклонными поверхностями, сnivelированными с окружающим рельефом местности.

Своеобразием форм характеризуются гидроотвалы при разработке россыпных месторождений, формируемые из эфельных хвостов обогащения, сбрасываемых со шлюзов промывочной установки и разносимых потоком хвостовой пульпы по участку земельного отвода.

При подземной разработке месторождений в последние годы наблюдается переход от традиционных терриконов и хребтовых отвалов к плоским отвалам, в которых складированные породы размещаются или слоем небольшой мощности на малоценных относительно равных участках земной поверхности или в различных впадинах, оврагах и т. п. Формирование плоских отвалов связано со значительными капиталовложениями, однако экологические преимущества их неоспоримы; в настоящее время на шахтах Министерства угольной промышленности СССР уже сооружено 250 плоских отвалов.

При проектировании горноразведочных работ и горных предприятий подземной и открытой разработки следует выбор форм и размеров отвалов производить не только исходя из технологии отвалообразования и топографии местности, но и с учетом возможности рационального использования земель после проведения на нарушенных участках поверхности соответствующих рекультивационных работ.

6.9. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТАХ НА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, разделяют на два этапа: техническую рекультивацию и биологическую рекультивацию. Техническая рекультивация (получившая при разведке и добыче полезных ископаемых название «горнотехнической») заключается в подготовке земель для последующего целевого использования в народном хозяйстве. Биологическая рекультивация состоит в реализации мероприятий по восстановлению биологических свойств, в частности плодородия земель, осуществляемых после горнотехнической рекультивации. Горнотехническая рекультивация производится геологоразведочными организациями и горнодобывающими предприятиями; биологическая рекультивация производится последующими землепользователями.

В зависимости от природных и социальных условий района, в котором нарушены земли, а также от вида нарушений целенаправленность рекультивационных работ может быть различной. В соответствии с этим в горнотехнической рекультивации выделяются следующие направления: 1) сельскохозяйственное, заключающееся в подготовке нарушенных земель под сельскохозяйственные угодья; 2) лесохозяйственное, включающее подготовку нарушенных земель для создания на них лесных насаждений различного назначения; 3) строительное, состоящее в подготовке нарушенных земель к промышленному и гражданскому строительству; 4) водохозяйственное (включая рыбоводческое), заключающееся в подготовке нарушенной земной поверхности для создания на ней водоемов различного назначения (в том числе рыбоводческих

водоемов); 5) рекреационное, состоящее в подготовке нарушенных земель под объекты отдыха; 6) санитарно-гигиеническое, сводящееся к консервации нарушенных земель, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически неэффективна.

Направление горнотехнической рекультивации. Природными факторами, определяющими выбор направления рекультивационных работ, являются географическое положение и гидрогеологическая характеристика района, почвенно-растительный покров окружающей местности, физико-химические свойства пород. К социальным факторам относятся населенность района, уровень и направление промышленного, сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства.

Вид нарушений (впадины, выемки, отвалы) во многом предопределяют направленность рекультивации.

Рекультивационные работы сельскохозяйственного направления осуществляются в районах развитого сельскохозяйственного производства на достаточно больших земельных участках внутренних или платообразных внешних отвалов вскрышных пород, а также плоских отвалов с благоприятными агрохимическими свойствами пород или на мульдобразных впадинах.

Лесохозяйственная рекультивация наиболее целесообразна в лесных районах с ценными породами деревьев; она широко применяется также в районах сельскохозяйственного производства и в густонаселенных местностях. Этому виду рекультивации преимущественно подлежат участки земной поверхности, претерпевшие значительные нарушения в процессе горных работ в результате расположения отвалов различных размеров и форм; лесохозяйственная рекультивация осуществляется также в неглубоких, не очень обширных выемках и на землях, деформированных в результате подземной разработки месторождений. Агрохимические характеристики пород здесь учитываются в меньшей степени по сравнению с землями, подлежащими сельскохозяйственной рекультивации.

Строительные рекультивационные работы обычно ведутся в густонаселенных и промышленных районах на внутренних и платообразных внешних отвалах вскрышных пород, а также в неглубоких карьерах; в отдельных случаях (в городских условиях) это направление выбирается после почти полной разборки терриконов или хребтовых отвалов. Значение агрохимических характеристик пород при этом относительно невелико.

Водохозяйственной рекультивации подлежат преимущественно выемки на земной поверхности, образовавшиеся вследствие открытой разработки месторождений. В ряде случаев эти рекультивационные работы проводятся на поверхности, деформированной при подземной разработке месторождений (без разрывов сплошности толщи пород). Условиями, повышающими эффективность рекультивации, являются благоприятные ландшафт, стратиграфический разрез поверхностной толщи и химические свойства пород.

Рекреационная рекультивация чаще всего осуществляется в пределах или недалеко от городов и крупных населенных пунктов. При этом восстановительные работы ведутся как в выемках карьеров, так и на



породных отвалах и обычно включают в себя элементы лесохозяйственной и водохозяйственной рекультивации.

Санитарно-гигиеническое направление рекультивационных работ обычно применяется на землях, которые в своем природном состоянии до нарушений и после них не пригодны для использования в народном хозяйстве (в частности, отдельные земельные участки, нарушенные при разработке некоторых редких и радиоактивных металлов или хвостохранилища обогатительных фабрик).

Направления использования земель, нарушенных в результате горных работ, показаны на схеме 10

Горнотехническая рекультивация включает следующие основные этапы: планировку поверхности, формирование откосов отвалов или бортов карьеров, снятие, транспортировку и нанесение почв и плодородных пород, строительство дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений.

При горнотехнической рекультивации сельскохозяйственного и лесохозяйственного направлений основной задачей, определяющей технологию, является создание биологически продуктивных участков земной поверхности; при строительном направлении — создание участков земной поверхности, пригодных для размещения промышленных площадок и жилых массивов. Специфическая особенность технологии рекультивации водохозяйственного направления состоит в значительных масштабах гидротехнических работ. Технология рекреационной рекультивации определяется преимущественно совместным решением многих из перечисленных задач, среди которых в соответствии с рельефом местности

Таблица 31

Группа пригодности	Почвы и горные породы	Способ использования для биологической рекультивации
I Пригодные		
а) плодородные	Гумусированная часть почвенного слоя	После снятия с поверхности складываются и используются для создания пашни и других сельскохозяйственных угодий
б) потенциально плодородные	Почвообразующие и другие породы благоприятного механического и минералогического состава	Пригодны в качестве подстилающих пород при создании пашни. Могут использоваться при лесохозяйственной рекультивации
II Малопригодные		
а) по физическим свойствам	Песчаные и глинистые породы	Необходимо глинование или пескование. При создании пашни перекрываются пригодными породами. Могут использоваться под лесопосадки после проведения необходимых мер по улучшению свойств
б) по химическим свойствам	Кислые, среднезасоленные и солонцеватые почвы и породы	Необходимо известкование, гипсование, промывка. После мелиорации при создании пашни перекрываются гумусированным слоем почвы. Используются для лесопосадок после проведения необходимых мер по улучшению свойств
III Непригодные		
а) по физическим свойствам	Скальные породы, конгломераты	Перекрываются пригодными породами слоем не менее 1–2 м
б) по химическим свойствам	Сульфидсодержащие и сильно засоленные породы, солонцы	При отвалообразовании укладываются в основание отвалов. При создании пашни или при лесопосадках перекрываются 1–2 м слоем пригодных пород В отдельных случаях после промывки, интенсивного известкования или гипсования могут быть использованы для создания пашни или для лесопосадок при перекрытии гумусированным слоем почвы

и целевым назначением создаваемого рекреационного комплекса выделяются главные задачи.

Почти все производственные процессы горнотехнической рекультивации в основном заключаются в перемещении значительных масс горных пород (включая почвы). Необходимость этих перемещений связана с формированием новой техногенной поверхности ландшафта и взаиморазмещением различных пород, исключающим возможность их вредного влияния на природную среду.

Существует несколько классификаций пород, характеризующих их пригодность для рекультивации земель; приведем с некоторым изменением классификацию, разработанную Центральной лабораторией охраны природы Министерства сельского хозяйства СССР (табл. 31).

Следует обратить внимание, что в табл. 31 не только приведены сведения о характеристиках пород и возможности их использования для восстановления нарушенных земель, но и содержится информация об основах технологии рекультивации.

Основные процессы горнотехнической рекультивации. Главным объектом рассмотрения являются отвалы, так как площади, занимаемые ими (в том числе и расположенными непосредственно в карьерах), весьма велики, а горнотехническая рекультивация этих площадей наиболее сложна. При всем разнообразии форм и размеров породных отвалов, сооружаемых при открытой и подземной разработке, а также при разведке месторождений, рекультивационные работы сводятся к оптимизации геометрических элементов и биологических характеристик образовавшегося техногенного ландшафта. В результате рекультивации формы отвалов, как правило, изменяются; в отдельных случаях производится весьма существенное переформирование стволов вплоть до их полной разборки.

Основные процессы горнотехнической рекультивации сводятся к выполаживанию откосов отвалов и бортов карьеров, планировке верхней поверхности отвалов или дна карьеров и покрытию, если это необходимо, сформированных наклонных и горизонтальных поверхностей плодородными почвами и потенциально плодородными породами (снимаемыми предварительно с площадей поверхности, подлежащих нарушению).

Разработка и хранение почв. На плодородных землях, нарушаемых при производстве горных работ, снятие слоя почв с последующим рациональным их использованием является обязательным. При открытой разработке месторождений производится селективное снятие почвенного слоя на участках поверхности, на которых запроектированы проведение траншей и вскрышные работы. Перед снятием почв вырубается лес, выкорчевываются пни, убираются валуны и срезаются кустарники. Мощность наиболее ценного плодородного слоя пород определяется преимущественно по глубине проникновения в почву корневой системы растений и особенностям сформировавшегося под ней гидрогеологического режима. Качество снимаемого слоя оценивается по содержанию гумуса, механическому составу и содержанию вредных для растений солей. В большинстве случаев почвенный слой целесообразно снимать в два приема, при этом верхние наиболее плодородные гумусированные почвы вынимаются и складываются (если это необходимо) раздельно от подстилающих нижних пород.

Почвенный слой снимается также на участках, отводимых для внешних отвалов вскрышных пород.

Работы по снятию почвенного слоя производятся в летнее сухое время, опережение их не должно превышать годовое подвигание фронта вскрышных и отвальных работ. В процесс разработки почвенного слоя на россыпных месторождениях северо-восточных районов страны включается так называемая тепловая мелиорация — естественное оттаивание льдонасыщенных почв с удалением скапливающейся на поверхности воды.

При подземной разработке месторождений почвенный слой снимается с земельных участков, в пределах которых ожидается деформация поверхности вследствие осуществляемых очистных работ, а также с участков, отводимых под породные отвалы.

Примерная характеристика почвенного покрова для различных природных зон приведена в табл. 32.

Таблица 32

Виды почв	Содержание гумуса на 1 га, т	Мощность слоя гумуса, см
Подзолистые почвы лесной зоны	110	5—15
Сероземы пустынной зоны	80	15—30
Темно-каштановые почвы сухих степей	250	30—60
Черноземы степей	450	65—80
Мощные черноземы степей	760	80—120

Снимаемая с поверхностей земельных участков почва используется для рекультивации нарушенных земель, или ее избыточное количество является своеобразной побочной продукцией горных предприятий, потребители которой — сельскохозяйственные организации — расходуют ее для землевания (улучшения малопродуктивных почв пахотных и других земель).

Необходимо отметить большое государственное значение использования снимаемых почв для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий. Так, например, из эксплуатируемых в СССР 224 млн. га пахотных земель более 70% нуждаются в улучшении агробиологических свойств. В то же время на горных предприятиях, ведущих открытую разработку месторождений, накопилось огромное количество снятых с земной поверхности плодороднейших почв. Так, на карьерах Орджоникидзевского ГОКа, производящего разработку Никопольского марганцевого месторождения, количество складированного чернозема превышает 5 млн. м³.

Улучшение качества почв при землевании осуществляется за счет перекрытия их гумусовым слоем мощностью от 0,1—0,2 до 0,5 м. Таким образом, заскладированным черноземом только этого ГОКа можно улучшить качество почв на площади от 1000 до 5000 га. Экономическая целесообразность землевания определяется главным образом расходами на транспортировку почв от горного предприятия до малопродуктивных земель. Подсчитано, что на территории КМА на площадях малопродуктивных угодий, расположенных на расстояниях от 1 до 36 км от места выемки почв целесообразно производить землевание с нанесением гумусового слоя мощностью до 0,5 м.

При рекультивации нарушенных земель (в основном породных отвалов) снимаемую с поверхности почву целесообразно сразу же наносить на рекультивируемые площади, когда эта возможность исключена, то почву необходимо складировать с обеспечением наибольшей сохранности ее агробиологической ценности. Кратковременное складирование почв осуществляется в целях совершенствования погрузки и транспортировки их к местам рекультивационных работ или складирования на длительное время. Склады длительного хранения почвы, часто называемые «буртами», размещаются на возвышенных ровных и сухих участках; как и породным отвалам, им целесообразно придавать правильные геометрические формы, преимущественно

шественно с овалообразным или круглым основанием. Высота буртов должна быть не более 5—10 м. Наращивание буртов производится горизонтальными слоями; защита поверхности складированной почвы от ветровой и водной эрозии обеспечивается высеванием на буртах многолетних трав. При хранении гумусированных почв в буртах более 8—10 лет они теряют свои ценные биологические свойства.

Снятие, транспортировка, складирование, а также размещение почв на рекультивируемой поверхности связаны с их количественными и качественными потерями. Первые зависят от технологии выемки почвы и транспортных операций, вторые, которые (по аналогии с потерей качества руд в процессе разработки) называют «разубоживанием», — зависят в основном от тщательности выемки и от условий и времени хранения в буртах. Помимо этого потери почвы в значительной мере связаны с качеством подготовки рекультивируемой поверхности и технологией перекрытия ее плодородным слоем. Некачественная планировка поверхности отвалов и ее нестабилизированность (подверженность усадке и образованию впадин) приводит к увеличению потерь почв.

Снятие и перемещение пород почвенно-растительного слоя — энергоемкие процессы, требующие значительных эксплуатационных и капитальных затрат; хранение почв в буртах также связано с некоторыми издержками. При сельскохозяйственной рекультивации расходы на производство перечисленных операций, включая и укладку почв, особенно велики и достигают во многих случаях 50% всех затрат на горнотехническую рекультивацию. Ниже сгруппированы производственные операции и основное оборудование, применяемое при этих работах:

Операции	Применяемое оборудование
Очистка и подготовка поверхности к снятию почвенного слоя с площадей, подлежащих нарушению	Корчеватели-собиратели, рыхлители, бульдозеры
Снятие и погрузка почвы на транспортные машины	Универсальные экскаваторы; погрузчики; оборудование карьеров для вскрышных и отвальных работ
Снятие и транспортировка пород почвенного слоя на временные склады или на рекультивируемые площади	Скреперы, бульдозеры, погрузчики, автосамосвалы, железнодорожные составы, конвейеры, гидротранспортные установки

Технология снятия и перемещения пород почвенно-растительного слоя выбирается с учетом имеющегося оборудования и обеспечения минимальных удельных приведенных затрат на 1 м³ плодородных пород.

Удельные приведенные затраты (в рублях) определяются по выражению: $C_{пр} = C_{уд} + E_n C'_{уд}$, где $C_{уд}$ — удельные эксплуатационные затраты, руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $C'_{уд}$ — удельные капитальные затраты на оборудование.

Из наиболее часто применяемого оборудования скреперы нецелесообразно использовать при влажности пород 10—15% и значительных

расстояниях транспортировки, эксплуатация их исключается при наличии в породах крупных валунов; бульдозеры могут применяться при небольших расстояниях транспортировки пород; экскаваторы рекомендуется использовать для снятия почвенно-растительного слоя большой мощности (1—1,5 м или более).

Выполаживание откосов и бортов. Наиболее обширные площади земной поверхности занимают внешние отвалы вскрышных пород на рудных и угольных карьерах. Так, например, внешними отвалами вскрышных пород на карьерах КМА занято более 14 тыс. га, на железорудных карьерах Урала—9,3 тыс. га, а на карьерах ПО «Кемеровоуголь» 7,6 тыс. га.

Вскрышные породы отсыпают в одно-, двух- и реже многоярусные отвалы.

Выполаживание откосов в процессе рекультивации отвала приводит к существенным изменениям его основных параметров: помимо увеличения площади откосов уменьшаются размеры верхней поверхности отвалов; при способе выполаживания, осуществляемом сверху вниз, увеличиваются, как упоминалось, размеры занимаемой отвалами площади (при выполаживании, производимом снизу вверх, площадь основания отвала остается неизменной, а высота всего отвала или его «приоткосных» частей увеличивается). Изменение этих параметров требует более или менее значительных затрат средств, энергии и времени.

Профилирование откосов осуществляется при «сплошном» их выполаживании или с формированием террас—«террасированием»; второй способ менее распространен.

Рассмотрим процесс сплошного выполаживания откосов отвала, имеющего правильную геометрическую форму обелиска. Количество породы, перемещаемой в процессе выполаживания, зависит от длины откоса, его угла наклона и высоты отвала. При наиболее распространенном сплошном выполаживании сверху вниз для определения количества перемещаемой породы может быть использовано следующее выражение:

$$V_v = 0,125H^2[(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha)P + 8H(0,58\operatorname{ctg}^2\beta - 0,25\operatorname{ctg}\alpha\operatorname{ctg}\beta - 0,33\operatorname{ctg}^2\alpha)], \quad (6.7)$$

где V_v —объем, перемещаемой при выполаживании породы, м³; H —высота отвала, м; α и β —соответственно углы откосов до и после выполаживания, град; P —периметр верхней поверхности рекультивированного отвала, м.

Часто количество перемещаемой породы рекомендуют определять исходя из равенства треугольников ABC и ADE (рис. 33,а) по так называемому «удельному объему работ, по выполаживанию», равному

$$V_{уд} = 0,125H^2(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha). \quad (6.8)$$

Причем под удельным объемом работ понимают объем перемещаемой породы, приходящийся на 1 м верхней бровки отрекультивированного отвала; в этот объем не включается количество породы,

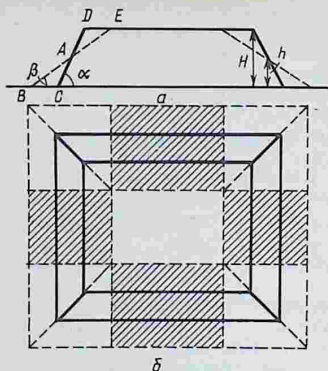


Рис. 33. К расчету количества породы, перемещаемой при выполаживании откосов отвала с прямоугольной формой основания

перемещаемой при формировании «приугловой» поверхности выполаживаемых откосов (незаштрихованных на рис. 33, б). Отметим, что этот упрощенный расчет приводит к довольно существенным ошибкам, так как количество породы, перемещаемой при формировании приугловых поверхностей откосов отвалов, довольно значительно, оно зависит от высоты отвала и углов α и β ; это можно проиллюстрировать следующими расчетными данными (табл. 33).

Уменьшения этого количества можно достичь путем скругления углов рекультивируемого отвала, при этом основание отвала приобретает овалообразную форму; оптимальный радиус скругления $R = H \operatorname{ctg} \beta$.

Характер изменения количества перемещаемой породы Q при выполаживании приугловых частей отвалов с прямоугольным и овалообразным основаниями представлен на рис. 34.

Расчет количества породы, перемещаемой при выполаживании откосов отвалов, имеющих форму усеченного конуса, несколько сложнее, чем для отвалов с квадратным, прямоугольным или овалообразным основаниями. Он основывается на определении высоты горизонтального сечения, на которой диаметр отвала до выполаживания откосов равен диаметру после выполаживания откосов. На схеме, представленной на рис. 35, изображены контуры вертикального сечения конусообразного отвала до выполаживания ($ABCE$) и после выполаживания ($FGKN$) откосов. Диаметр основания и верхней поверхности отвала до выполаживания откосов соответственно равны D и D_1 , после выполаживания — D_2 и D_3 ; диаметр искомой плоскости горизонтального сечения отвала D_4 , а высота ее расположения

Таблица 33

Высота отвала, м	Угол α , град	Угол β , град	Объем перемещаемой породы Q , тыс. м ³
5	45	18*	0,6
10	45	17	5,1
20	40	16	44,4
40	40	11	260,0

* Примечание. Значение β взято из данных (см. с. 176).

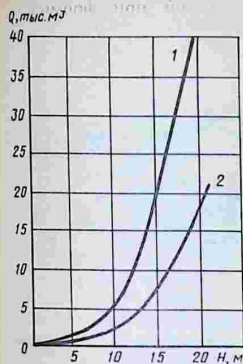


Рис. 34. Количество породы, перемещаемой при выполаживании приугловых частей отвала

1 — прямоугольного основания; 2 — овального основания

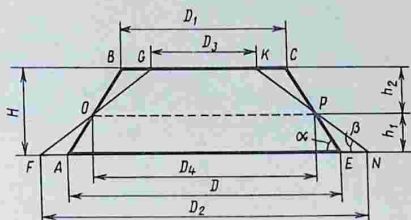


Рис. 35. К расчету количества породы, перемещаемой при выполаживании откосов отвала с круглым основанием

$h_1 = H - h_2$. Расчетную формулу выводят, исходя из равенства $V_3 - V_1 = V_2 - V_4$, где V_1 — объем нижней части отвала с невыположенными откосами (в вертикальном сечении контур $AOPE$), м³; V_2 — объем верхней части отвала с невыположенными откосами (контур $OBSP$), м³; V_3 — объем нижней части отвала с выположенными откосами (контур $FOPN$), м³; V_4 — объем верхней части отвала с выположенными откосами (контур $OGKP$), м³. После соответствующих преобразований геометрических выражений объемов частей конусов через их линейные параметры величина h_2 (в м) может быть определена следующим образом:

$$h_2 = \frac{\sqrt{R^2 - 4qt} - f}{2q}, \quad (6.9)$$

где $f = 2ctg\alpha ctg\beta - ctg^2\alpha - ctg^2\beta$;

$$q = 2R(ctg\beta - ctg\alpha) - H(3ctg\alpha ctg\beta - 2ctg^2\alpha - ctg^2\beta);$$

$$t = H[R(ctg\beta - ctg\alpha) + H(3ctg\alpha ctg\beta - 2ctg^2\alpha - ctg^2\beta)];$$

R — радиус основания отвала до выполаживания откосов (определяется по формуле, приведенной в табл. 27), м. Объем перемещаемой породы при выполаживании откосов определяется из разницы

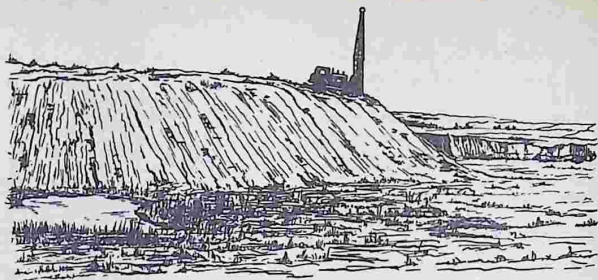


Рис. 36. Бурение взрывных скважин на отвале

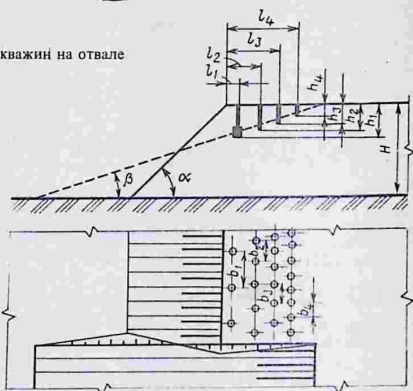


Рис. 37. Параметры взрывных скважин для выполаживания откосов отвала



Рис. 38. Экспериментальный взрыв при взрывном выполаживании откосов отвала в Степной экспедиции ПО «Уралкварцсамоцветы»

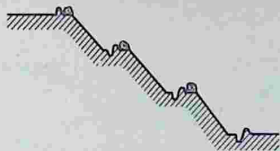


Рис. 39. Профиль террасированного откоса от-
вала

объемов двух конусов $V_2 - V_4$, все необходимые параметры которых при известном h_2 легко вычислимы.

Выполаживание откосов снизу вверх осуществляется в тех случаях, когда в конкретных условиях рекультивации отвала недопустимо увеличение занимаемой им площади (рядом с отвалом располагаются ценные строительные сооружения или лес). При этом способе вы-полаживания объем перемещаемой породы увеличивается в 4 раза. Сплошное выполаживание откоса обычно производится бульдозерами или колесными скреперами (при террасировании откосов используют, кроме того, погрузчики и экскаваторы).

Существенное сокращение затрат труда, энергии и времени может быть достигнуто при применении так называемого «взрывного» спо-соба сплошного выполаживания откосов. Сущность этого способа заключается в перемещении породы с верхней части отвала к ос-нованию откоса с помощью направленного массового взрыва. Взрыв-ной способ выполаживания откосов применим для отвалов, состоя-щих из некрепких легкобуримых пород. Подготовительной операцией является бурение на верхней поверхности отвала взрывных скважин, располагаемых рядами, параллельно бровке откоса (рис. 36). Глубина скважин определяется углом наклона формируемой поверхности откоса (рис. 37). В первом ряду можно бурить наклонные скважины или вертикальные с образованием в них камуфлетных полостей.

Экспериментальные взрывы для выполаживания откосов отвалов (высотой 10—12 м), проведенные на карьере Степной геологоразведоч-ной экспедиции производственного объединения «Уралкварцсамоцветы» в 1979 г., дали положительные результаты и подтвердили эффектив-ность этого способа (рис. 38).

Схема террасированного (для повышения эрозийной устойчивости пород) откоса отвала представлена на рис. 39 — невысокие относительно крутые откосы, чередуясь с бермами, образуют общий профиль от-вального откоса. Насыпи (дамбы) и каналы у бровки верхней поверх-ности отвала и на бермах предназначены для сбора и отвода вод.

Работы по выполаживанию бортов карьеров, по существу, анало-гичны; выполаживание осуществляется сплошным или террасирован-ным способом; углы выполаживания выбираются в пределах от 5 до 20° в зависимости от вида рекультивационных работ, глубины карьеров и высоты уступов. При скальных породах область целесооб-разного применения взрывного выполаживания бортов карьеров рас-ширяется.

При экскаваторной и бульдозерной разработках россыпных место-рождений в районах с благоприятными почвенно-климатическими усло-

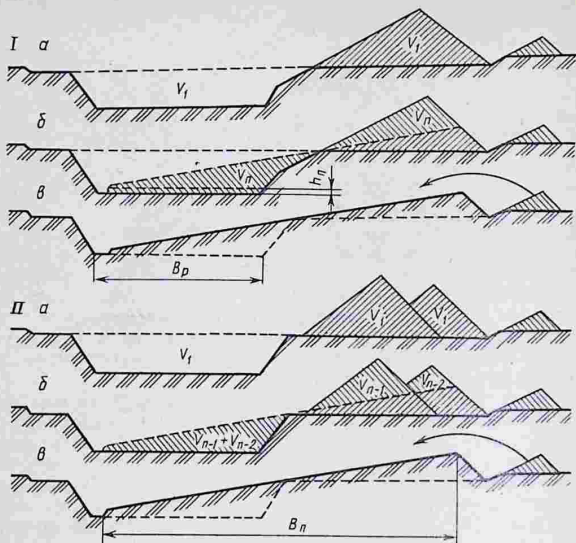


Рис. 40. Схема переформирования отвалов на карьерах россыпных месторождений: I — при бульдозерной разработке; II — при экскаваторной разработке, а — первоначальное состояние отвалов; б — переформирование отвалов с перемещением части породы в карьер, в — вновь образованная поверхность рельефа

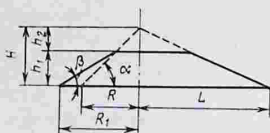


Рис. 41. Схема переформирования террикона

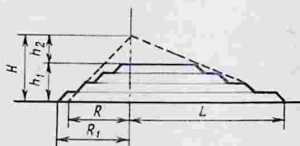


Рис. 42. Переформирование террикона с террасированием откосов

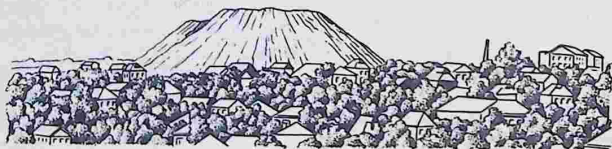


Рис. 43. Общий вид переформированных терриконов на одной из шахт Донбасса

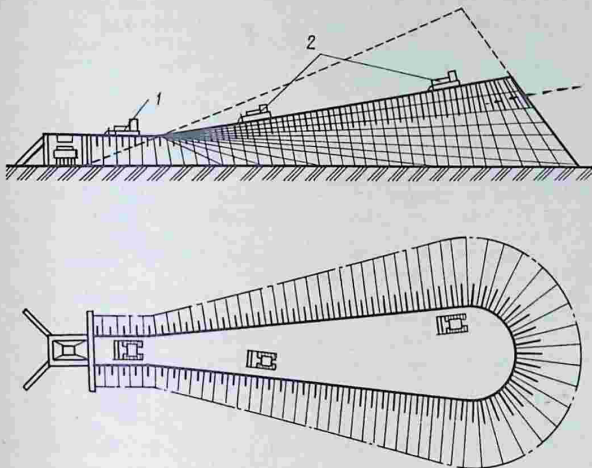


Рис. 44. Разборка террикона с использованием бульдозеров:

1 — бульдозер, осуществляющий погрузку породы в автосамосвал; 2 — бульдозеры, производящие разборку террикона

виями рекультивация отвалов вскрышных пород заключается в частичной переэкскавации пород в выработанное пространство с формированием одной наклонной поверхности и перекрытием ее почвенным слоем (рис. 40).

Переформирование терриконов. При подземной разработке месторождений размеры породных отвалов, а следовательно, и занимаемые ими площади значительно меньше, чем при открытой разработке. На угольных шахтах выдаваемые на поверхность породы складировались до последнего времени в основном в терриконы, высота которых достигала иногда 200 м и более. На первой стадии рекультивационных работ осуществляется переформирование терриконов или полная их разборка (при тушении пожаров также осуществляется переформирование терриконов). Конический отвал переформировывают путем снятия породы с вершины, выполаживания откосов и образования платообразного отвала. Снимаемая с вершины порода используется для выполаживания откосов формируемого отвала (рис. 41), избыточное ее количество вывозится на неудобья; в некоторых случаях откосы террикона при выполаживании террасируются (рис. 42).

Общий вид переформированных терриконов представлен на рис. 43.

Полная разборка терриконов, связанная с большими экономическими затратами, осуществляется с вывозкой всего количества породы с восстанавливаемой территории. Схема разборки террикона и погрузки

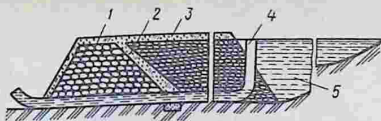


Рис. 45. Схема плоского отвала с регулированием воды в балке:

1 — породная плотина; 2 — водоупорный экран; 3 — инертный материал; 4 — водослив; 5 — водоем

вляется аналогичным образом, однако, как правило, сопровождается перемещением меньшего количества пород.

В последнее время, как отмечалось, для угольных шахт проектируются и сооружаются плоские отвалы. Формирование их наиболее целесообразно при засыпке породой различного вида неудобий (балок, оврагов, лощин), отработанных карьеров, а также впадин и провалов, образующихся на подрабатываемых площадях. Такие отвалы могут формироваться для предприятий не только подземной, но и открытой разработки месторождений, а также при разборке терриконов в процессах тушения пожаров или рекультивационных работ.

Преимущества плоских отвалов весьма существенны, а возможности складирования пород горных предприятий во многих случаях велики. Так в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса вследствие подземной разработки угля на подрабатываемых земельных участках ежегодно образуется до 5 млн. м³ провалов, а например, около карьеров КМА в радиусе 5—10 км располагается большое количество балок и оврагов, вместимость которых определяется в 4 млрд. м³.

Интересно отметить опыт заводнения самовозгорающихся пород угольных шахт, складированных в балках и оврагах в плоских отвалах, для предупреждения возникновения пожаров. Для заводнения поперек балки сооружается породная плотина (рис. 45), с которой осуществляется отсыпка породы в направлении к верховью балки; уровень воды в балке может регулироваться при устройстве в плотине водослива.

Затраты на выколаживание откосов и переформирование отвалов.

Затраты на выколаживание или террасирование откосов и переформирование отвалов составляют весьма значительную часть расходов на горнотехническую рекультивацию. Особенно велики эти расходы при переформировании терриконов и высоких многоярусных отвалов вскрышных пород. Затраты на полную разборку терриконов и хребтовых отвалов в большинстве случаев являются доминирующими статьями в стоимости горнотехнической рекультивации. Перечисленные процессы выполняются с использованием следующего мобильного оборудования:

породы в автосамосвалы представлена на рис. 44. Отметим, в частности, что на Карагандинском угольном бассейне 17 из 105 существующих терриконов полностью разобраны, несколько терриконов разбираются в настоящее время.

Переформирование или разборка хребтовых отвалов шахт и рудников осуществ-

Сплошное выполаживание или терра- сирование откосов
Переформирование терриконов и хреб- товых отвалов
Разборка терриконов и хребтовых от- валов

Бульдозеры, экскаваторы, погрузчики, планировщики откосов
Бульдозеры, экскаваторы, канатно-скре- перные установки, средства гидромехани- зации
Бульдозеры, экскаваторы, средства гид- ромеханизации, автосамосвалы, железно- дорожные составы

При значительных масштабах работ использование мощного оборудо-
вания обеспечивает существенное сокращение затрат на переме-
щение пород и формирование боковых поверхностей отвалов за счет
высокой производительности машин. Так, например, увеличение мощ-
ности бульдозера на 100 л. с. приводит к росту производительности
на 10–25%. Выбор технологии и оборудования для выполаживания
откосов, переформирования и разборки отвалов проводится (как и при
снятии, перемещении и укладке пород почвенного слоя) по крите-
рию минимальных удельных приведенных затрат. Под последними
понимают затраты на выполаживание 1 га откоса отвалов, причем
расчет осуществляют по выражению 6.7.

В табл. 34 приведены расчетные данные о приведенных затратах
выполаживания бульдозерами откосов отвалов вскрышных пород при
первоначальном угле откосов $\alpha = 37^\circ$.

Планировка верхней поверхности отвалов. Планировка наклонных
поверхностей рекультивируемых отвалов и карьеров (откосов и бор-
тов) не выделяется в отдельный процесс, она осуществляется при
выполаживании этих поверхностей. Планировка верхней поверхности
отвалов, как правило, обособленный производственный процесс горно-
технической рекультивации. В отдельных случаях планировочные ра-
боты проводятся и на дне неглубоких карьеров. Объем и сложность
планировочных работ зависит от площади рекультивируемой поверх-
ности и ее гипсометрии.

При сельскохозяйственном и строительном направлении рекульти-
вации целью планировочных работ является образование сплошной
ровной верхней поверхности отвалов; при лесохозяйственной рекуль-
тивации допускается образование волнистой поверхности с чередова-
нием участков одинаковой высоты. В соответствии с этим различают

Т а б л и ц а 34

Высота отвала, м	Угол вы- полажива- ния, град	Эксплуатационные затраты на выполаживание 1 га откоса при использовании разных бульдозе- ров, руб.			Приведенные затраты на выпола- живание 1 га откоса при использо- вании разных бульдозеров, руб.		
		Д-492	Д-275	Д-572	Д-492	Д-275	Д-572
10	17	43	29	18	53	46	36
20	16	254	206	117	355	310	225
40	11	8462	4496	3274	10 462	7130	6334

сплошную и частичную планировку поверхности отвалов. При сплошной планировке осуществляется полное выравнивание всей верхней поверхности с приданием ей одно или двусторонних уклонов от 1 до 3° для площадей, на которых будут воздвигаться сельскохозяйственные культуры, и от 3 до 5° для лесоразведения. При частичной планировке ровные участки могут перемежаться с возвышенностями, однако на поверхности не должно быть впадин и углублений, не имеющих стока для собирающихся в них вод.

При бульдозерном отвалообразовании, обеспечивающем сравнительно ровную верхнюю поверхность отвалов, объем планировочных работ относительно невелик; при отсыпке породы экскаваторами и отвалообразователями верхняя поверхность отвалов имеет сложную конфигурацию в виде конусов и гребней с перепадом высотных отметок до 10 м и более.

На рис. 46 показаны сложные рельефы поверхностей внутренних отвалов. Расчеты объемов планировочных работ осуществляются, исходя из геометрических элементов сложного рельефа и параметров

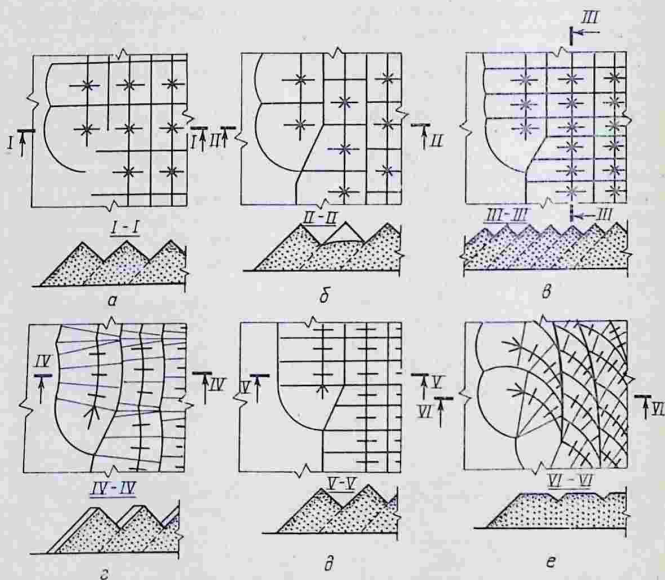


Рис. 46. Схема рельефа поверхности внутренних отвалов вскрышных пород:

а — конусная; *б* — конусная «шахматная»; *в* — конусная «сближенная»; *г* — гребневидная «дуговая»; *д* — гребневидная «параллельная», *е* — гребневидная «серповидная»

вскрышного оборудования, а также из ширины вскрышных заходок. Так, например, удельный объем планировочных работ рельефа (в м³/м²), представленного рядами конусов, может быть рассчитан по следующему выражению:

$$V_{уд} = 0,0625 \operatorname{tg} \alpha \left[\frac{(A_p - 0,5\eta^2)}{A_p} + t \right] \quad (6.10)$$

где $V_{уд}$ — удельный объем планировочных работ, м³ на 1 м² площади поверхности отвала; α — угол наклона образующей конуса, град; A_p — расстояние между рядами конусов, м; t — расстояние между вершинами конусов в ряду, м.

При веерной отсыпке породы в отвалы в форме серповидных гребней удельный объем (в м³/м²) планировочных работ определяют по формуле:

$$V_{уд} = K \frac{b_n R_p \operatorname{tg} \alpha}{64 A_n} + \frac{(A_n^2 - A^2) \operatorname{tg} \alpha}{16 A_n^3}, \quad (6.11)$$

где K — коэффициент, учитывающий угол поворота драглайна при отсыпке породы в отвал; $K = \pi - \sin 2\varphi$ (φ — угол поворота драглайна от направления трассы его перемещения до направления на точку разгрузки); b_n — шаг передвижки драглайна, равный расстоянию между вершинами гребней, м; R — радиус разгрузки драглайна, м; α — угол откоса гребней, град; A_n — ширина вскрышной заходки, м; A — ширина веерной отсыпки, м.

Объемы планировки внешних отвалов значительно меньше объемов планировки внутренних отвалов, так как формирование их непосредственно не связано с технологией процесса вскрышных работ; на многих карьерах эти объемы колеблются в пределах 0,5–2,5 м³/м². Планировка относительно ровной верхней поверхности отвалов (внешних отвалов вскрышных пород на карьерах, платообразных шахтных отвалов, переформированных терриконов и, наконец, плоских отвалов) осуществляется в основном бульдозерами, колесными скреперами, экскаваторами и грейдерами. Существенное повышение производительности этих работ достижимо при применении мощных и сверхмощных бульдозеров и колесных скреперов. При отсутствии бульдозеров большой мощности они заменяются так называемыми отвальными бульдозерами-агрегатами — конструкциями, в которых два трактора объединяются одним лемехом длиной до 10–12 м. Спаренная работа тракторов, например ДЭТ-250, позволяет увеличить объем призмы волочения до 20–25 м³ (примерно в 3 раза по сравнению с одним бульдозером). Отметим, что удельные приведенные затраты при планировке поверхности бульдозерными агрегатами значительно ниже затрат на экскаваторную планировку.

Сложным процессом является планировка верхней поверхности внутренних отвалов вскрышных пород, представленной гребнями и конусами. Планировка бульдозерами таких поверхностей трудно осуществима, а драглайнами при относительно небольших высотах конусов (8–12 м) малопродуктивна и дорога. Наиболее целесообразно

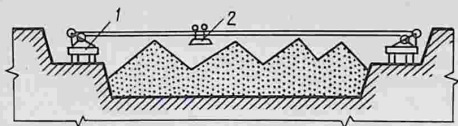


Рис. 47. Комплекс для планировки внутренних отвалов

разно в данном случае использовать мобильные комплексы с перемещаемыми между ними на канатах скреперными ковшами различной конструкции, срезающими породу с вершин конусов и гребней и заполняющими ею впадины между ними. Рассмотрим принципиальную схему и область применения одного из таких комплексов. Комплекс (рис. 47) состоит из самоходных платформ 1, оборудованных лебедками, подвешенного ковша 2, несущего и тягового канатов. Конструкция ковша-скрепера представлена на рис. 48, цифрами 1 и 2 обозначены несущий и тяговый канаты, на которых подвешен своеобразный корпус скрепера 3 с передвижным ножом-отвалом 4, позволяющим забирать породу при прямом и обратном ходе. Ковш саморазгружается за пределами контура обрабатываемой поверхности породного гребня (конуса). Комплекс наиболее целесообразно использовать для планировки отвалов при вытянутых карьерных полях небольшой ширины. Приведенные затраты на планировку 1 га отвала при использовании планировочных комплексов значительно ниже таковых при производстве этой операции с помощью драглайнов.

Вследствие различной плотности пород (уплотненных на участках, с которых снимались вышележащие породы, и разрыхленных на участках засыпанных впадин) после планировки происходит неравномерная усадка выровненной поверхности, особенно значительная при

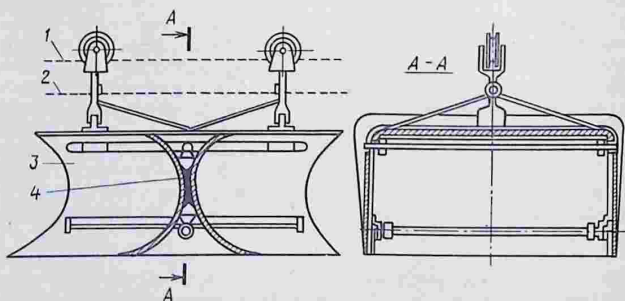


Рис. 48. Ковш планировочного комплекса

большой разности высотных отметок на поверхности до ее планировки. В связи с этим планировочные работы приходится повторять неоднократно.

Рассмотрим процесс стабилизации отвалов. Породный отвал под действием гравитационных сил и влаги деформируется; период стабилизации отвалов зависит от их высоты, свойств пород и гидрогеологического режима. На карьерах Орджоникидзевского ГОКа для высоких отвалов период стабилизации составляет в среднем 2 г, на карьерах Кривого Рога этот срок принимается равным 10 мес. По-видимому, планировочные работы (или, по крайней мере, окончательную планировку) следует производить по истечении срока стабилизации отвалов. Это, в частности, является одной из причин затягивания работ по горнотехнической рекультивации отвалов.

Покрытие рекультивируемой поверхности почвой. Как следует из табл. 30, складываемые в отвалах непригодные по химическим свойствам породы, перекрывают при сельскохозяйственном или лесохозяйственном направлении рекультивации пригодными потенциально плодородными породами. Чаще всего это осуществляется в процессе селективной отсыпки пород в отвалы; покрытие же поверхности отвалов плодородными почвами выделяется в самостоятельный процесс рекультивационных работ.

Почвенный слой наносится на верхнюю поверхность и откосы отвала после их окончательной планировки, так как в противном случае неизбежны количественные и качественные потери почв.

До нанесения почвы производятся агрохимические анализы пород, слагающих поверхность отвалов. При обнаружении на спланированной поверхности химически непригодных пород осуществляется химическая мелиорация участков выхода этих пород.

Как уже отмечалось, нанесение на рекультивируемую поверхность почв непосредственно после их снятия с нарушаемых земельных участков наиболее целесообразно в отношении сохранности качества почв и затрат на погрузочно-транспортные операции.

Практика некоторых карьеров в области гидравлической транспортировки почв свидетельствует о целесообразности этого способа — основные агрохимические свойства почв после «гидронамыва» сохраняются, а после естественного обезвоживания рельеф почвенного слоя пригоден для сельскохозяйственного освоения.

При перевозке почв от мест расположения временных складов или буртов на участки рекультивируемой поверхности помимо автосамосвалов, конвейеров, гидропроводов нередко используется железнодорожный транспорт.

При водохозяйственном, строительном и рекреационном направлениях рекультивации спрофилированная поверхность восстанавливаемых участков (чаще всего выположенные борта и дно карьеров, а также прилегающие к ним земельные участки) перекрывается не только почвой, но песком, гравием или галькой. Транспортировка и нанесение их схожи с аналогичными операциями, изложенными применительно к почвам; во многих случаях покрытие поверхности песком осуществляется с помощью гидронамыва.

Ниже перечислены процессы, выполняемые преимущественно на завершающей стадии горнотехнической рекультивации, и приводится перечень применяемого при этом оборудования:

<i>Процессы</i>	<i>Применяемое оборудование</i>
Улучшение агробиологических характеристик пород, перекрывающих рекультивированную поверхность	Рыхлители, плантажные плуги, универсальные экскаваторы, оборудование гидромеанизации, тракторы
Создание благоприятных гидрогеологических режимов в приповерхностной толще пород	Канавокопатели, дренажники, универсальные экскаваторы, бульдозеры, автосамосвалы
Гидротехнические работы	Бульдозеры, скреперы, экскаваторы, автокраны, автосамосвалы
Дорожные работы	Бульдозеры, экскаваторы, автокраны, грейферы, катки, автосамосвалы
Временное противозрозийное укрепление поверхности рекультивируемых отвалов	Плуги, рыхлители, оборудование для посева трав, высадки кустарников, тракторы

Краткие сведения о других процессах. Мелиоративные работы на рекультивируемых отвалах проводятся для создания благоприятных гидрогеологических режимов в приповерхностной толще пород, предотвращения вредного влияния на биологические свойства почв кислотных, щелочных и соленых растворов, образующихся в подстилающих слоях непригодных («токсичных») пород, а также улучшения агрохимических характеристик малопригодных пород (см. табл. 30).

Комплексе мелиоративных работ включает дренажные работы, гидроизоляция плодородных пород от токсичных, химическую нейтрализацию кислых пород (известкованием или гипсованием), вымывание кислот и солей, улучшение физических характеристик пород (пескованием или глинованием). Поливка известковыми суспензиями верхней поверхности терриконов, переформированных в платообразные отвалы, не только улучшает агробиологические свойства пород, но, как уже отмечалось, является действенным средством против их самовозгорания. Примеры формируемых структур поверхностных слоев рекультивированных отвалов из токсичных пород приведены на рис. 49.

В ГДР при химической мелиорации в отвалы помимо извести вносятся минеральные удобрения, органические бытовые отходы, бурого угольная зола и сточные промышленные воды, богатые питательными веществами.

Во влагообильных районах задачей мелиоративных работ является защита отвалов от заболачивания, переувлажнения и подтопления; в аридных зонах мелиорация направлена на задержание в приповерхностном слое пород атмосферных осадков.

Рекультивация карьеров и плоских отвалов, расположенных в балках и оврагах, сопровождается возведением гидротехнических сооружений (дамб, плотин, нагорных канав и каналов). Наибольший объем этих гидростроительных работ выполняется при водохозяйственном и рекреационном направлениях рекультивации.

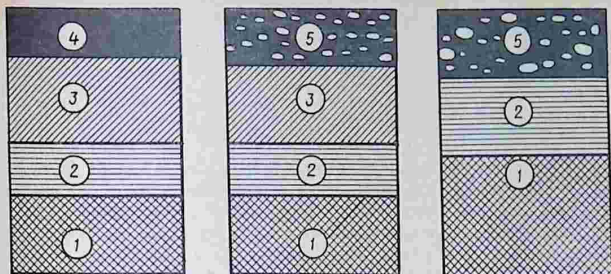


Рис. 49. Некоторые структуры поверхностных слоев рекультивированных отвалов:
 1 — токсичные породы; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — потенциально плодородные породы;
 4 — породы почвенно-растительного слоя; 5 — потенциально плодородные или малопродные породы с
 мелиорирующими добавками или удобрением

На рекультивируемых площадях сооружаются так называемые внутрихозяйственные дороги преимущественно с грунтовым или гравийным покрытием. При этом на отвалах, отводимых под пахотные земли, сооружаются дороги более высоких категорий по сравнению с дорогами на земельных участках, предназначенных для лесопосадок и пастбищ; это необходимо для эффективной транспортировки сельскохозяйственной техники и продукции. При площади рекультивируемых участков, превышающей 200 га, строится не менее двух подъездных дорог. Дороги и съезды на откосах защищаются от размыва травяным покровом.

Густота сети дорог, сооружаемых на рекультивируемых землях в ГДР, регламентирована законодательством (см. раздел 6.3).

В ряде случаев до биологической рекультивации производится временное укрепление поверхности отвалов против водной и ветровой эрозии — озеленение, химическое упрочнение поверхности известковым или цементным растворами, синтетическими смолами.

Восстановление подработанной поверхности и карьерных выемок.

Процессы и сложность восстановления подработанной земной поверхности могут быть весьма различными в зависимости от характера нарушений. В ряде случаев работы по восстановлению нарушенных участков практически ненужны. Некоторые выполняемые работы (заполнение провалов промышленными и бытовыми отходами) не могут быть с достаточным основанием отнесены к горнотехнической рекультивации, хотя являются, по существу, ее составной частью. Ниже приведены наиболее характерные работы по восстановлению земель в зависимости от формы рельефа:

Форма рельефа	Наиболее характерные работы по восстановлению поверхности
Мульдообразные впадины*	Мелиорация; восстановление кустарниково-древесной растительности на контурах впадины

* См. табл. 25.

Мульдобразные террасированные впадины

Каньонообразные и воронкообразные провалы

Частичная планировка поверхности, мелиорация, восстановление растительного покрова на границах террас и в контурах впадин

Засыпка провалов промышленными и бытовыми отходами, сооружение плоских породных отвалов с последующей рекультивацией их поверхности, водохозяйственные гидротехнические работы

При соответствующем естественном и преобразованном вследствие горных работ ландшафте местности и наличии поверхностных водосток-ков надобность в восстановительных работах на неглубоких мульдобразных впадинах во многих случаях отпадает, так как нарушенные земли остаются пригодными для сельскохозяйственных и других целей. При заболачивании мульдобразных впадин появляется необходимость в мелиоративных работах; в лесной местности (леса первой и второй группы) в краевых участках мульд высаживают деревья и кустарники. Восстановительные работы на подрабатываемых землях с мульдобразными террасированными впадинами достаточно сложны, поэтому эти земли преимущественно подготавливаются для лесо- и водохозяйственного использования.

Наиболее затруднено восстановление земной поверхности с каньонообразными и воронкообразными провалами. В относительно редких случаях земли с такими нарушениями могут быть пригодными для водохозяйственного пользования, в других — они используются для захоронения различных промышленных и бытовых отходов. Размещение в этих провалах пород, выдаваемых на поверхность в процессе разработки месторождений, а также минеральных отходов смежных производств входит в комплекс горнотехнической рекультивации нарушенных подработкой земель, выполняемой горными предприятиями. При этом эффективность работы по заполнению провалов обеспечивается в тех случаях, когда на относительно небольших расстояниях от них располагаются обогатительная фабрика или несколько шахт (рудников), представляющих достаточное количество «заполнителей».

Стабилизация поверхности заполненного каньонообразного или воронкообразного провала (являющейся в рассматриваемом случае верхней поверхностью плоского отвала) протекает в течение значительного периода времени, измеряемого иногда десятилетиями. Причем это объясняется не столько уплотнением разрыхленных пород, о котором шла речь при рассмотрении стабилизации верхней поверхности рекультивируемых внешних отвалов, а главным образом деформациями выработанного пространства и толщи перекрывающих его пород. Параметры очистных выработок, физические характеристики пород и оставленного в целиках полезного ископаемого влияют на продолжительность периода стабилизации верхней поверхности плоских отвалов, после которой следует осуществлять завершающие этапы горнотехнической рекультивации (окончательную планировку рекультивируемой поверхности и покрытие ее почвенным слоем (рис. 50).

Восстановление поверхности, нарушенной карьерными выемками, не заполненными вскрышными породами, связано с выполаживанием бортов, планировочными и мелиоративными работами или с ликвидацией

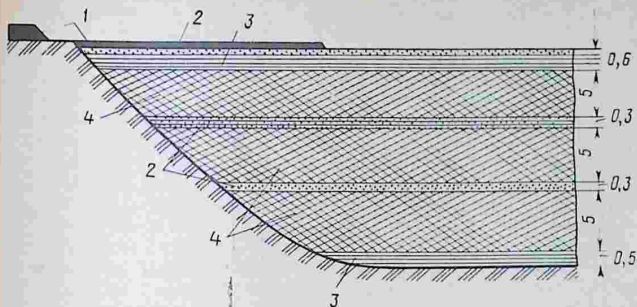


Рис. 50. Схема рекультивации подработанной территории после заполнения впадины шахтными породами:

1 — слой почвы, снятый перед образованием впадины; 2 — слой перегоревшей породы; 3 — слой глины; 4 — слой шахтной породы

этих полостей. При водохозяйственном и рекреационном направлениях рекультивации восстановительные работы сопровождаются гидротехническим строительством.

Ликвидация карьерных выемок осуществляется так же, как ликвидируются провалы подработанной поверхности. При этом стабилизация формируемой поверхности происходит за более короткие сроки, так как определяется только интенсивностью уплотнения «заполнителя». Масштабы и характер работ по улучшению биологических свойств и планировке поверхностного слоя зависят от целей, для которых предназначаются восстанавливаемые земельные участки. Карьерные выемки, как и провалы подработанной поверхности, используются для складирования не утилизируемых отходов. Так, крупное хранилище производственных и бытовых отходов, рассчитанное на эксплуатацию в течение 36 лет, создано в 1972 г. на месте песчаного карьера около г. Дебелън в ГДР. Это хранилище обслуживает 13 населенных пунктов; после его заполнения восстановленная поверхность будет перекрыта слоем плодородных почв и на ней произведены лесопосадки.

6.11. ПРОИЗВОДСТВО РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ

Напомним, что в соответствии с действующим законодательством горнотехническая рекультивация должна осуществляться в ходе горных работ или не позднее чем в течение года после их завершения. Однако эти сроки были декретированы в 1968 г., и на огромном количестве горных предприятий, эксплуатируемых ранее этого года, рекультивационные работы проводились далеко не всегда. Поэтому наибольшими площадями поверхности, подлежащими рекультивации, являются участки, нарушенные в основном разработкой месторождений, проводящейся более 15 лет тому назад. Эти земли в соответствии с дей-

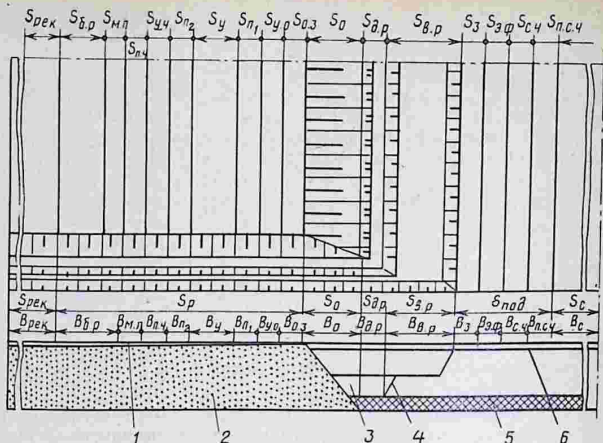


Рис. 51. Схема распределения площадей земельного отвода карьера:

1 — восстановленная площадь; 2 — отвал; 3 — разрезная траншея; 4 — вскрышные породы; 5 — полезное ископаемое; 6 — плодородный слой

ствующим положением рекультивируются, как отмечалось, специализированными организациями Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР и Сельхозтехники.

Рекультивационные работы, осуществляемые в настоящее время горными предприятиями, производятся параллельно с разработкой месторождений или после нее.

Быстрейшее восстановление нарушенных земель всегда желательно в отношении экономичности землепользования; с этой точки зрения наиболее целесообразно параллельное проведение горных и рекультивационных работ; после эксплуатации месторождений рекультивацию предпочтительнее начинать сразу же по завершении горных работ. Выбор того или иного порядка проведения горнотехнической рекультивации влияет на ее технологию и организацию.

Для параллельного проведения горных и рекультивационных работ применительно к условиям карьеров Орджоникидзеовского ГОКа разработаны основы нормирования площадей земельных участков карьерного поля, отводимых под подготовительные, вскрышные, добычные, отвальные и рекультивационные работы.

Принципиальная схема распределения по видам использования приведена на рис. 51. На схеме параметры (площадь и ширина) земельных участков на карьерном поле обозначены соответственно буквами S и B , индексы при этих буквах придают им следующие значения: S_c, B_c — параметры участка, на котором еще ведутся сельскохозяйственные работы; $S_{п.с.ч}, B_{п.с.ч}$ — участка подготовки к снятию

чернозема; $S_{с.ч.}$, $B_{с.ч.}$ — участка, на котором снимается чернозем; $S_{1ф.}$, $B_{1ф.}$ — участка запаса фронта работ; S_3 , B_3 — участка (заходки) передового вскрышного уступа; $S_{п.р.}$, $B_{п.р.}$ — участка, на котором производятся вскрышные работы; $S_{л.р.}$, $B_{л.р.}$ — участка производства добычных работ; S_0 , B_0 — участка откоса отвального уступа; $S_{0з.}$, $B_{0з.}$ — отвальной заходки; $S_{у.з.}$, $B_{у.з.}$ — участка установки отвального оборудования; $S_{п1.}$, $B_{п1.}$ — участка первичной планировки отвала; S_y , B_y — участка осадки поверхности отвала; $S_{п2.}$, $B_{п2.}$ — участка вторичной планировки; $S_{у.ч.}$, $B_{у.ч.}$ — участка покрытия черноземом; $S_{п.ч.}$, $B_{п.ч.}$ — участка планировки поверхности чернозема; $S_{м.п.}$, $B_{м.п.}$ — участка, на котором производятся агромелиоративные работы; $S_{б.р.}$ и $B_{б.р.}$ — участка биологической рекультивации; $S_{рек.}$, $B_{рек.}$ — восстановленного (включая биологическую рекультивацию) участка карьерного поля; S_p — площадь отвалов, на которой выполняются процессы горно-технической и биологической рекультивации; $S_{под.}$ — суммарная площадь земельного участка, на которой производится комплекс работ от подготовки поверхности до вскрыши. Установление оптимальных взаимосвязанных между собой параметров земельных участков является основной задачей нормирования площадей карьерных полей.

При открытой разработке месторождений с внутренними отвалами взаимосвязь между параллельно проводимыми вскрышными и рекультивационными работами может осуществляться единым технологическим комплексом, получившим название «вскрыша-рекультивация» (рис. 52).

В этом комплексе вскрышными драглайнами производится валовая или селективная выемка и укладка в отвалы вскрышных пород, а параллельно им (с некоторым отставанием) осуществляется грубая планировка

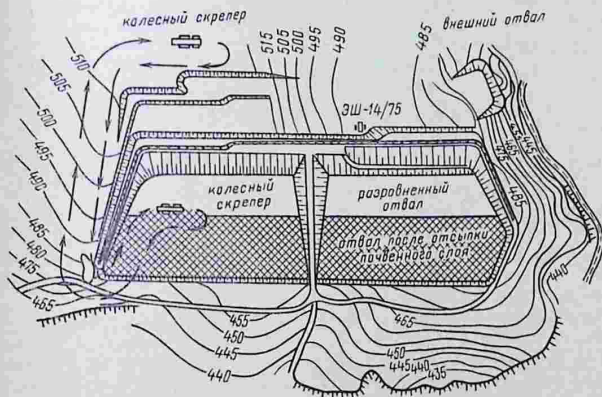


Рис. 52. Схема технологического комплекса «вскрыша-рекультивация»

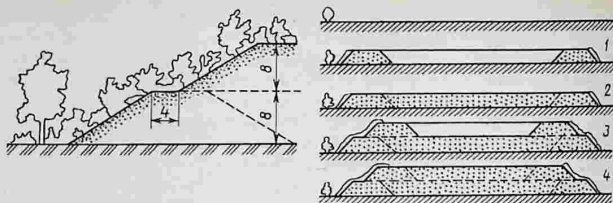


Рис. 53. Формирование платообразного отвала с одновременной рекультивацией откосов.

поверхности отвала и перекрытие ее почвенным слоем. При селективной выемке и укладке в отвалы вскрышных пород двумя драглайнами один из экскаваторов устанавливается на предотвале, другой — на вскрышном уступе, вскрышным экскаватором вынимается верхняя часть вскрышной заходки; потенциально плодородная порода укладывается на предотвал, который служит основанием для отвального экскаватора. Отвальный экскаватор разрабатывает нижнюю часть заходки, укладывая токсичные породы в основание отвала, а затем переваливает потенциально плодородную породу в его верхнюю часть.

В связи со сложностью и дороговизной рекультивационных работ на конических и гребневидных отвалах, образуемых при подземной разработке месторождений, кроме индивидуальных плоских отвалов, в последнее время для нескольких рудников, расположенных на относительно небольших расстояниях друг от друга, стали создавать «групповые» платообразные отвалы, обеспечивающие повышение эффективности рекультивации лесохозяйственного, строительного и даже сельскохозяйственного направления. Сооружение платообразных отвалов во многих случаях может быть целесообразным и для карьеров с относительно умеренными объемами вскрышных работ, а также рациональным при создании карьеров «особо большой мощности» (см. раздел 6.8).

Рекультивацию платообразных отвалов лучше производить параллельно с разработкой месторождений, причем внешние откосы таких отвалов в процессе отсыпки сразу формируются пологими, не требующими дополнительного выполаживания при рекультивационных работах. Схема формирования платообразного отвала с одновременным озеленением откосов представлена на рис. 53; по мере заполнения породой отвала до запроектированной высоты на участках верхней поверхности проводятся обычные рекультивационные работы.

Горнотехническая рекультивация в процессе эксплуатации месторождения осуществляется обычно горными предприятиями, для чего на последних организуются «цехи» или «участки» рекультивации. Структура этих подразделений может быть различна, однако оснащение их мощной техникой в необходимых количествах и квалифицированными кадрами — обязательное условие успеха рекультивационных работ.

Отметим, что на карьерах малой производительности возможность

параллельного проведения горных и рекультивационных работ своими силами весьма ограничена в связи с наличием небольшого комплекта выемочных и транспортных машин, а также малочисленностью штата рабочих. Не меняет положения дел и сезонность работ на некоторых карьерах стройматериалов, так как прекращение добычных работ, как правило, совпадает с периодами времени года, наиболее неблагоприятными для производства рекультивации.

Производство работ по горнотехнической рекультивации после завершения эксплуатационных работ ведет к затягиванию сроков возвращения восстановленных земель в народное хозяйство и к увеличению сумм выплачиваемой землепользователям компенсации. Выполнение этих работ силами ликвидирующегося или перемещаемого горного предприятия связано с определенными организационными трудностями и поэтому часто поручается специализированным организациям. Впрочем, эффективность привлечения специализированных организаций не всегда может считаться неоспоримой при очень малых объемах работ на разобщенных объектах.

Учитывая специфику разработки месторождений стройматериалов (расположение в населенных и промышленных районах густой сети карьеров малой производительности, срок эксплуатации многих из которых незначителен), является целесообразным создание отраслевых или даже территориальных межведомственных специализированных организаций для выполнения работ по горнотехнической рекультивации нарушаемых земель. В качестве примеров отраслевой специализированной организации, ведущей рекультивационные работы на карьерах стройматериалов, расположенных в Московской, Рязанской, Тульской, Калужской, Смоленской и Калининской областях, может служить так называемая передвижная механизированная колонна, созданная Главмоспромстройматериалами при Мосгорисполкоме.

На крупных карьерах угольной и горнорудной промышленности работы по горнотехнической рекультивации выполняются часто специальными цехами (участками) или специализированными организациями. Рекультивационные работы на карьерах россыпных месторождений, осуществляемые, как правило, силами приисков, проводятся в относительно небольших масштабах. При подземной разработке полезных ископаемых рекультивационные работы проводятся преимущественно также силами шахт и рудников, но интенсивность их все еще недостаточна. Это наблюдается даже на территории городов, где рекультивационные работы особенно необходимы, например, в г. Донецке из 132 породных отвалов отрекультивированы и озеленены всего 30 терриконов. Интенсивно проводятся работы по горнотехнической рекультивации на предприятиях производственного объединения «Эстонсланец», объединения «Фосфаты», на карьерах Камыш-Бурунского железорудного и Орджоникидзевского горно-обогатительного комбинатов.

Наиболее обширные площади нарушенных земель восстанавливаются для лесохозяйственного использования, они преимущественно представлены рекультивированными отвалами карьеров. Меньшие площади земель восстанавливаются для создания сельскохозяйственных угодий

Республики, экономические районы	Площади нарушен- ных зе- мель, тыс. га	Площади, подлежа- щие ре- культиви- ции, тыс. га	Площади, намечаемые к использованию после рекультивации, тыс. га			
			в лесном хозяйстве	в сельском хозяйстве	в водном хозяйстве	в других целях
РСФСР	7231	549	228	176	109	36
Урал и Поволжье	115	86	32	21	18	15
УССР	155	95	27	40	17	11
Западная Сибирь	80	46	24	17	3	2
Восточная Сибирь	45	35	19	10	3	3
БССР	33	28	8	13	6	1

и водохозяйственного использования. При расположении горных предприятий в районе крупных населенных пунктов и промышленных предприятий преобладают строительные и рекреационные направления рекультивационных работ, впрочем, их масштабы невелики. В табл. 35 приведены прогнозные данные по основным направлениям использования рекультивированных земель в некоторых республиках и экономических районах СССР.

В ГДР горнотехническая рекультивация имеет преимущественно сельскохозяйственное направление. Очень интересен пример водохозяйственной рекультивации нескольких буроугольных карьеров, котлованы которых превращены в комплекс Зенфтенбергских озер много-

целевого назначения (рис. 54). Озеро на месте бывшего карьера Нимч, занимающее примерно 1500 га, используется для рекреационных зон промышленных центров и регулирования стока реки Шварце Эльстер (аккумулируется до $15 \cdot 10^6$ м³ паводковых вод). В котловане бывшего карьера Лаубуш устроен пруд-отстойник для очистки и нейтрализации карьерных вод. В этот пруд сбрасываются кислые сточные воды из окружающих карьеров, зола электростанций и щелочные сточные воды одного из расположенных вблизи заводов; из пруда в реку Шварце Эльстер стекает вода с удовлетворительными химическими свойствами.

Как отмечалось в предыдущей главе, ГДР располагает ограниченными водными ресурсами, поэтому регулированию речных стоков с использованием котло-



Рис. 54. Водохозяйственная рекультивация отработанных буроугольных карьеров в ГДР с образованием озер многоцелевого назначения: 1 — озеро Зедлиц; 2 — озеро Скадо; 3 — озеро Клайн-кошек; 4 — озеро Лаубуш; 5 — озеро Зенфтенберг

ванов отработанных карьеров уделяется большое внимание. Помимо Зенфтенбергских озер в настоящее время на месте отработанного карьера Борна в районе Лейпцига сооружается водохранилище объемом $52 \cdot 10^6$ м³, предназначенное и для сбора паводковых вод полноводной во время весенних разливов реки Плейсе.

Оборудование, применяемое при горнотехнической рекультивации, многообразно, наряду с обычными для горных предприятий экскаваторами, бульдозерами и т. п. используются многие специальные типы и виды машин, не предназначенные для технологических процессов разведки и разработки месторождений. Краткие данные об основных, наиболее широко применяемых при рекультивационных работах машинах приведены в таблицах Приложения. Помимо экскаваторов (табл. П.1), бульдозеров (табл. П.2), автомобилей (табл. П.3), тракторов (табл. П.4), автомобильных и тракторных прицепов (табл. П.5), колесных скреперов (табл. П.6) и грейдеров (табл. П.7) при выполнении работ на различных этапах горнотехнической рекультивации используются корчеватели, корчеватели-собиратели, канаво- и каналокопатели, погрузчики-планировщики, машины гидромеханизации и другое оборудование.

6.12. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СМЕЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Естественно, что переработка минерального сырья сопровождается образованием более или менее значительных количеств твердых отходов, оставляемых на земной поверхности в районе расположения смежных производств. Основную часть этих отходов представляют хвосты обогажительных фабрик, а также зола тепловых электростанций.

Сухие отходы смежных производств складировуются в отвалах, занимая все большие площади земельных отводов. При этом из-за ветровой и водной эрозии они с большей или меньшей интенсивностью в локальных масштабах загрязняют атмосферу и гидросферу; сухие «хвосты» обогажительных фабрик нередко самовозгораются. Если эти отходы не находят применения, то отвалы их подлежат рекультивации, осуществляемой аналогично с рекультивацией породных отвалов.

Обводненные хвосты обогажительных фабрик обезвоживаются и сохраняются в хвостохранилищах. Хвостохранилища занимают более значительные площади, чем отвалы сухих хвостов; на КМА территория, занимаемая хвостохранилищами, оценивается в 6000 га. Для ограничения площадей естественных ложин, впадин и низин, отводимых под складирование обводненных хвостов, производится обваловывание, строятся дамбы, плотины и другие гидротехнические сооружения. Место расположения хвостохранилищ выбирается с учетом не только топографических, но и инженерно-геологических и гидрогеологических условий; хвостохранилища предпочтительно располагают на малопроницаемых глинистых породах. Для снижения интенсивности загрязнения водной среды и почв на хвостохранилищах оборудуются различные противофильтрационные устройства с использованием глин, полиэтиленовых пленок, асфальтобитумных материалов и бетона. Емкость хвостохранилищ бывает различной, достигая сотен миллионов кубометров. Стои-

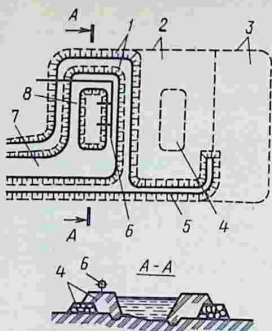


Рис. 55. Формирование «отвала-хвостохранилища»:

1, 2, 3 — участки земной поверхности, поэтапно отводимые под отвалы; 4 — хвостохранилище; 5 — очередной формируемый отвал; 6 — пульпопровод; 7 — въезд; 8 — отвал

мость сооружения и эксплуатации хвостохранилищ довольно значительна, так на КМА капитальные затраты составляют 1–2 руб. на 1 т товарной руды, а эксплуатационные — 0,3–0,5 руб. Тенденция к более тонкому измельчению продуктов обогащения приводит к повышению затрат и усложнению строительства и эксплуатации хвостохранилищ.

В период эксплуатации и после него хвостохранилища отрицательно влияют на локальные участки прилегающих территорий, загрязняя атмосферу, воду и земную поверхность. Поэтому сокращение площадей, занимаемых хвостохранилищами, — актуальная задача рационального землепользования. В этом отношении, в частности, целесообразна замена практикуемого на ГОКах раздельного складирования вскрышных пород в отвалах и мокрых хвостов в хвостохранилищах на «поэтапное» совместное складирование их в «отвалах-хвостохранилищах», при кото-

ром на относительно небольшой части земельного отвода могут быть размещены и вскрышные породы, и большое количество хвостов (рис. 55). При этом отсыпка вскрышных пород в своеобразный «кольцевой» отвал может совмещаться с рекультивационными работами на его откосах и верхней поверхности; рекультивация же верхней поверхности хвостохранилищ осуществляется по мере окончания эксплуатации каждого из них. При сооружении и эксплуатации отвалов-хвостохранилищ объем работ по гидротехническому строительству сводится к минимуму или эти работы могут быть практически исключены.

По проекту, разработанному институтом Южгипроруда, построена и с 1975 г. эксплуатируется первая очередь хвостохранилища емкостью 34 млн м³, расположенного на внутренних отвалах Алексеевского карьера Орджоникидзевского ГОКа. При этом установлено, что все проектируемые хвостохранилища обогатительных фабрик Никопольского бассейна могут быть расположены на площади Алексеевского карьера, эксплуатация которого заканчивается. Таким образом, дополнительный отвод земель под хвостохранилища в Орджоникидзевском ГОКе может быть исключен.

На шахте им. С. М. Кирова (Кузбасс) практикуется захоронение хвостов обогащения в горных выработках. Фугаты центрифуг углеобогадательной фабрики, подаваемые в подземные выработки по скважинам глубиной 230 м, вытесняют воду из зоны затопления; фильтруясь через обрушенные породы, она освобождается от твердой фазы (осветленная вода по откаточному горизонту поступает в центральный водоотлив). За пятилетие затраты на захоронение хвостов составили 92 тыс. руб. (было пробурено 3680 м скважин), проект же строительства гидроотвала

на поверхности оценивался 900 тыс. руб. без учета ущерба природной среде.

Рекультивация хвостохранилищ в связи с бесструктурностью слагающих их материалов, состоящих из скопления несвязных мелко-дисперсных частиц, а также наличием в них различных химических реагентов, и в том числе токсичных веществ, является более сложным процессом, чем рекультивация породных отвалов. Для придания биологической ценности восстанавливаемая поверхность хвостохранилищ перекрывается мощным слоем потенциально плодородных пород или грунтов.

6.13. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАБОТ ПО ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

В практике горнотехнической рекультивации стоимость восстановления 1 га нарушенных земель меняется в весьма широких пределах — от 300 до 13 тыс. руб. Это объясняется различными направлениями рекультивации, характером нарушений, топографическими и гидрогеологическими особенностями земель, свойствами пород, применяемыми техническими средствами и организационными факторами.

В Подмосковном угольном бассейне стоимость восстановления земель для сельскохозяйственного и лесохозяйственного пользования составляет соответственно 2100—2200 руб. и 300—1500 руб. Проектные затраты на рекультивацию 1 га отвалов угольных карьеров Украины и средние по стране при различных направлениях рекультивационных работ приведены в табл. 36.

Т а б л и ц а 36

Направление рекультивации	Затраты на 1 га, руб.	
	предельные по районам УССР	средние по стране
Сельскохозяйственное:		
под пахотные земли	2458—3966	3432
под пастбища	1227—4505	2788
Лесохозяйственное	903—4405	2361
Рекреационное	1066—4376	2658

Стоимость горнотехнической рекультивации земель, нарушенных при подземной разработке месторождений (имеются в виду подработанные площади поверхности — мульдообразные впадины), значительно меньше стоимости восстановления земель с характерными для открытых разработок рельефами. Наиболее высокая стоимость рекультивационных работ для восстановления земель под строительные площадки и рекреационные зоны; расходы на восстановление 1 га в этих случаях обычно превышают 8000 руб.

В общем виде выражение для определения затрат C на горнотехническую рекультивацию, отнесенных к 1 т добытого полезного ископаемого (в руб/т), таково:

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5}{At}, \quad (6.12)$$

где A — производственная мощность горного предприятия, т/г; t — время разработки карьерного (шахтного) поля или его части, г; C_1 — затраты, связанные с выемкой, хранением, перемещением и размещением почв на восстанавливаемой площади земной поверхности, руб.; C_2 — затраты, связанные с селективными выемкой и отсыпкой в отвалы пород, руб.; C_3 — затраты, связанные с переформированием или разработкой отвалов, руб.; C_4 — затраты, связанные с переформированием выемок и впадин, образовавшихся вследствие горных работ, руб.; C_5 — затраты, связанные с проведением мелиоративных, гидротехнических и дорожно-строительных работ на восстанавливаемой поверхности, руб.

При параллельном проведении горных и рекультивационных работ, t устанавливается равным одному году или количеству лет от начала горных работ на определенной части карьерного (шахтного) поля до завершения рекультивационных работ на соответствующем участке нарушенной поверхности. Селективная выемка и складирование пород (C_2) производится на карьерах в основном в тех случаях, когда в толще вскрыши имеются слои токсичных, преимущественно сульфидных пород. Затраты на переформирование и разборку отвалов (C_3) включают расходы на выполаживание откосов, планировку верхней поверхности отвалов, преобразование конических отвалов шахт и приисков в платообразные, полную разборку терриконов, главным образом находящихся в населенных пунктах. Связанные с переформированием выемок и впадин затраты (C_4) относятся в основном к расходам по выполаживанию бортов карьеров, траншей, а также по транспортировке пород до деформированных участков вследствие подработки земной поверхности.

Экономическое сопоставление эффективности рекультивационных работ различных направлений может быть произведено на основе сравнения суммарных затрат на горнотехническую и биологическую рекультивацию с продуктивностью восстановленных земель на участке нарушенной поверхности; при этом следует учитывать период восстановления продуктивности земель. Общая эффективность рекультивации нарушенных земель E_p рассчитывается исходя из отношения прироста чистой продукции к объему капитальных вложений (в руб.):

$$E_p = \frac{\Delta[(C_n - C) + (C_y - C_p)]}{K}, \quad (6.13)$$

где C_n — валовая продукция за планируемый период (год, пятилетку), руб.; C — затраты на рекультивацию земель, используемых в дальнейшем в сельском, лесном или рыбном хозяйстве, на планируемый период, руб.; C_y — затраты на планируемый период для предотвращения ущерба, наносимого природной среде нерекультивируемыми землями, руб.; C_p — затраты на рекультивацию этих земель, руб.; K — сметная стоимость рекультивации, руб.

Если в течение планируемого периода на всех нарушенных землях будет произведена рекультивация в указанных направлениях, то $C = C_p$ и выражение (6.13) примет следующий вид:

$$\Xi_p = \frac{\Delta(\Pi_n + C_y - 2C)}{K} \quad (6.14)$$

Отметим, что $C \neq C_p$, когда рекультивация будет производиться и в других (помимо перечисленных) направлениях, например в строительном, рекреационном и пр. Расчеты общей эффективности рекультивации земель делаются для определения результатов деятельности тех или иных народнохозяйственных звеньев.

Нередки случаи, когда рекультивационные работы по целому ряду причин своевременно не производятся геологоразведочными организациями и горными предприятиями. Изложим одну из методик экономической оценки срока «задержки» рекультивационных работ. Предположим, что на площади нарушенных земель S_1 не произведены работы по горнотехнической рекультивации в течение года, тогда с учетом времени задержки эту площадь в следующем году можно считать равной $2S_1$. Если предприятие (экспедиция) продолжает работы, связанные с нарушением во втором году поверхности площадью S_2 , то приведенная нарушенная площадь за это время равна $2S_1 + S_2$. Рассуждая таким образом, установим, что за $n-1$ лет общая невосстановленная площадь будет равна $nS_1 + (n-1)S_2 + (n-2)S_0 + \dots + S_n$. В соответствии с этим в табл. 37 даны расчетные значения приведенных площадей и коэффициента «тяжести задержки», численно равного среднему сроку «замораживания» земель в годах.

Ущерб (в руб.) от несвоевременного выполнения работ по горнотехнической рекультивации может быть определен по выражению:

$$W = S_{np}b, \quad (6.15)$$

где S_{np} — приведенная площадь невосстановленных земель, га;

b — стоимость недополученной валовой продукции с 1 га, руб.

При сельскохозяйственном направлении рекультивации ущерб народному хозяйству от нарушения земной поверхности увеличивается не только за счет задержки рекультивационных работ, но также в связи с тем, что перемещаемые при горнотехнической рекультивации породы и почвы не сразу восстанавливают свою биологическую ценность. Период восстановления плодородия продолжается от 1 до 10 лет. В ГДР этот период устанавливается продолжительностью 8–10 лет, и на этот срок основные землепользователи освобождаются от обязательных государственных поставок.

Таблица 37

Показатели	Срок оценки, г									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь нарушенных земель, га	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Приведенная площадь невосстановленных земель, га	100	300	600	1000	1500	2100	2800	3600	4500	5500
Коэффициент тяжести задержки, г	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5

Срок оценки, г	Ущерб от недополучения валовой сельскохозяйственной продукции, тыс. руб.			
	с рекультивацией при различных периодах восстановления в годах			Без рекультивации
	3	5	10	
1	9	15	30	30
2	21	39	90	90
3	30	66	160	180
4	30	90	180	300
5	30	105	245	450
6	30	105	317	630
7	30	105	380	840
8	30	105	428	1080
9	30	105	455	1350
10	30	105	455	1650

В порядке иллюстрации в табл. 38 приводятся усредненные заимствованные из литературы данные об экономическом ущербе от несвоевременной сельскохозяйственной рекультивации нарушенных земель с учетом продолжительности восстановления их плодородия.

6.14. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ И ПОРОД

Определение качественных характеристик почв и пород для решения проблем природоохранного характера осуществляется при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых преимущественно в двух направлениях — сельскохозяйственном и инженерно-строительном.

Сельскохозяйственная оценка почв и пород состоит в определении ущерба от нарушений их естественного состояния, целесообразности и путей их использования при восстановлении или улучшении ценности земельных угодий. Эта оценка имеет преимущественное значение при сельскохозяйственном, лесохозяйственном и рекреационном направлениях горнотехнической рекультивации.

При инженерно-строительной оценке грунтов и пород (горные породы при изучении инженерно-геологических процессов принято называть грунтами) устанавливают возможность и целесообразность использования их в строительных целях. Она проводится в основном относительно пород, являющихся основанием для сооружений или балластным материалом для насыпи плотин, поэтому эта оценка наиболее важна для рекультивационных работ строительного и водохозяйственного направлений.

При решении проблем рационального использования природных ресурсов сельскохозяйственная и инженерно-строительная оценки почв и пород необходимы также для определения их товарной ценности как побочных продуктов производства, предназначенных, допустим, для землеваяния или в качестве сырья строительных материалов.

Определение биологических характеристик почв. Сельскохозяйственная оценка качества почв базируется на установлении их основных

биологических характеристик. Биологическая характеристика наиболее важна при разведке месторождений для составления экологического кадастра (см. раздел 6.7). Экологические кадастры районов необходимы для прогнозирования и обоснования экологических ситуаций в связи с разработкой месторождений. В них исключительное значение имеет бонитировка почв на территориях, расположенных над разведываемыми месторождениями, и крупномасштабные почвенные карты района (нужные материалы приобретают в соответствующих районных организациях).

Непосредственно при производстве геологоразведочных работ, характеризующихся относительно небольшими, преимущественно рассредоточенными или некомпактными (наземные транспортные коммуникации) площадями нарушений почвенного слоя, пользуются обычно ориентировочными биологическими характеристиками почв, основанными на учете направлений использования земель (пахотные земли, леса и пр.), или ограничиваются визуальными наблюдениями за почвенно-растительным покровом.

При проектировании и строительстве горных предприятий, а также в процессе разработки месторождений полезных ископаемых эти ориентировочные данные биологических характеристик почв и пород во многих случаях недостаточны и должны дополняться специальными исследованиями.

Сведения о биологических характеристиках почв на территориях земельных отводов горных предприятий и прилегающих к ним площадей необходимы в основном для: 1) установления рациональной технологии и режима выемки и хранения пород почвенного слоя; 2) определения направлений использования почв, снимаемых с нарушаемых земель; 3) выбора места расположения на земной поверхности породных отвалов, отвалов бедных руд и хвостохранилищ.

Во многих случаях возникает необходимость в исследовании изменений биологических характеристик на участках земной поверхности, располагающихся вблизи горных предприятий и подвергающихся воздействию загрязненного воздуха и сточных вод.

Определение биологических характеристик почв, как правило, осуществляется в специальных лабораториях сельскохозяйственного направления. К основным исследованиям относятся определение структурных характеристик почв и комплекса их химических и физико-химических свойств: содержание гумуса, азота, кальция, фосфора, калия, наличие достаточного количества микроэлементов, нейтральность почвы и избыток растворимых в ней солей.

Изучение почв обычно начинают с установления их механического (гранулометрического) состава. Крупные фракции частиц породы (более 1 мм) определяются с помощью ситового анализа; частицы менее 1 мм разделяют на фракции методом гидравлического анализа или «отмучивания» (размеры частиц определяют по скорости их осаждения в воде). Различные почвы, в свою очередь, делят на фракции по плотности. Плотность твердой фазы почвы определяют в пикнометре (обычно она составляет от 2,4 до 2,8 г/см³).

Исходя из массы (по объему) и плотности находят общую пористость («скважность» или «порозность») почвы.

Качественный анализ почв проводят с использованием химических, электрохимических, комплексометрических, колориметрических и пламенно-фотометрических методов. Химические методы анализов основаны на установлении количества веществ, выпавших при тех или иных реакциях в осадок или выделившихся в виде газообразных продуктов. Например, содержание в почве гумуса определяется по окислению кислородом органического вещества до образования CO_2 . По массе выделившегося CO_2 устанавливают содержание в почве органических соединений, т. е. гумуса. С помощью электрохимического метода обычно определяют кислотность почв — в рН-метрах по электропроводимости растворов находят этот показатель. Комплексометрические методы позволяют установить наличие тех или иных ионов металлов в почве по изменению окраски или свойства при образовании малодиссоциированных соединений с органическими реагентами. Колориметрические анализы основаны на изменении окраски или оптической плотности растворов реагентов, взаимодействующих с анализируемой почвой. Пламенно-фотометрический метод исследования почв и пород заключается в измерении интенсивности излучения элементов, возбужденных нагреванием в пламени. Эксперимент осуществляется использованием пламенных фотометров.

Определение инженерно-строительных характеристик пород. Инженерно-строительная оценка горных пород (грунтов) включает комплекс характеристик, которые с некоторой долей условности делят на физико-технические, водные и механические. К основным физико-техническим характеристикам, отражающим состояние пород в условиях естественного залегания и в отвалах, относятся объемная масса, плотность, влажность и пористость. Водная оценка дает представление об отношении пород (в условиях естественного залегания и в отвалах) к воде; основные характеристики — водопроницаемость и влагоемкость. Механические свойства характеризуют взаимодействие пород с прилагаемыми к ним внешними усилиями (включают деформационные и прочностные характеристики).

Так как студенты геологоразведочных и горных специальностей в процессе прохождения ряда дисциплин («инженерная геология», «физика горных пород» и др.) изучают методы определения многих из перечисленных характеристик, представляется целесообразным ограничиться перечнем основных лабораторных методов и кратким изложением некоторых полевых исследований.

Физико-технические характеристики пород изучаются в лабораторных условиях, при этом определяют: 1) объемную массу — методом непосредственных измерений, гидростатическим взвешиванием, волюмометрическим способом); 2) плотность пород — пикнометрическим методом; 3) оптимальную влажность и максимальную плотность песчаных и глинистых пород — приборами для стандартного уплотнения этих пород; 4) общую пористость пород — рассчитывают исходя из их плотности и массы по объему; открытая пористость устанавливается методом насыщения породных образцов жидкостью — обычно чистым отфильтрованным керосином.

К водным характеристикам пород, определяемым в лабораторных

условиях, относятся: 1) водопроницаемость для песчаных и глинистых пород (используют две группы приборов — фильтрационные и компрессионно-фильтрационные); 2) влагоемкость (водоемкость) глинистых и рыхлых песчаных пород (рассчитывают по плотности и пористости; влагоемкость песков определяется методом насыщения).

Лабораторные исследования механических характеристик пород многообразны и направлены на установление закономерностей изменений деформации и прочности пород в зависимости от действующих в них напряжений. Основные зависимости и показатели механических свойств пород приведены в табл. 39.

Таблица 39

Зависимости	Количественные показатели механических свойств пород
Между относительными упругими деформациями и действующими напряжениями Между относительными общими деформациями и действующими напряжениями Между поперечными и продольными относительными деформациями Бокового давления от вызывающей его вертикальной нагрузки Относительной сжимаемости от действующих нагрузок Сопротивления разрушению при сжатии от действующей нагрузки Сопротивление разрушению при растяжении от действующей нагрузки Сопротивление разрушению при сдвиге (скальвании) от действующей нагрузки Сопротивление сдвигу от действующего нормального напряжения: а) для песков б) для глинистых пород	Модуль упругости Модель общей деформации Коэффициент поперечной деформации Коэффициент бокового давления Коэффициент относительной сжимаемости Предел прочности при сжатии Предел прочности при растяжении Предел прочности при сдвиге Коэффициент внутреннего трения; угол внутреннего трения Общее сцепление

Полевые исследования механических свойств пород в отличие от лабораторных проводятся непосредственно на нарушенных или чаще на восстанавливаемых участках. Поэтому полученные данные (характеризующие состояние массивов нарушенных пород или породных отвалов, плотин, дамб и вновь сформированных под строительство площадей земной поверхности) более достоверны.

Ниже кратко изложены наиболее употребимые методы полевых исследований механических и водных характеристик пород.

Деформационные характеристики (модуль общей деформации) и просадочность пород определяются методом пробных статических нагрузок. Сущность этого метода состоит в передаче через штампы на дно неглубоких шурфов или скважин пробных нагрузок (создаваемых за счет грузов или гидравлических систем) и замеров сжимаемости или просадочности пород. Исследование деформационных свойств пород в стенках скважин осуществляется с применением так называемых прессиометров — приборов бокового давления, представляющих собой

цилиндры с эластичными стенками, в которые нагнетается вода (гидравлические прессиометры) или сжатый воздух (пневматические прессиометры).

Сопротивление пород сдвигу изучается несколькими способами, из которых можно выделить метод вдавливания и раздавливания целиков, применяемый для определения прочности глинистых, песчаных и крупнообломочных пород. Этот метод позволяет установить сопротивление пород сдвигу по предполагаемой поверхности скольжения, являющееся важным показателем устойчивости отвальных откосов и бортов карьеров. Определение проводят на откосах или на специально формируемых для этой цели уступах в котловане или шурфе; при этом объектом исследования служит «целик», ограниченный с одной стороны откосом, а с двух боковых сторон — щелеобразными заполненными породной мелочью прорезами. С помощью домкратов через опорную плиту на целик передается сдвигающая его по плоскости скольжения нагрузка.

Определение плотности, прочности и деформируемости песчаных и глинистых пород осуществляется методами статического и динамического зондирования. При этом в породу вдавливают или забивают зонды с коническими наконечниками и измеряют сопротивление породы их внедрению.

Водопроницаемость пород в полевых условиях устанавливается методом налива воды в шурфы и скважины и методом нагнетания воды в скважины. Сущность первого метода заключается в измерении скорости инфильтрации (просачивания под действием силы тяжести) в породу воды, наливаемой в зумпф шурфа или в скважину. Второй метод имеет большее распространение при исследовании водопроницаемости скальных и полускальных пород; заключается в изоляции с помощью тампонирующих устройств того или иного интервала скважины, в который нагнетают воду при заданном напоре до установившегося ее расхода.



Охрана и рациональное использование недр

7.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДР

Верхнюю, доступную часть литосферы принято называть недрами. Недра используются человеком в основном для добычи полезных ископаемых, хранения жидких и газообразных полезных ископаемых, размещения различных научно-исследовательских и специальных сооружений, а также для транспортных коммуникаций, захоронения промышленных токсичных и радиоактивных отходов производства и сброса сточных вод.

В настоящее время во всех случаях промышленному использованию недр предшествуют процессы их обстоятельного геологического, инженерно-геологического и гидрогеологического исследования.

Основными (по масштабам и значению) «потребителями» недр являются предприятия, добывающие твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые. Эффективность эксплуатации месторождения зависит в первую очередь от степени детальности его изученности и достоверности имеющейся информации о полезных ископаемых, вмещающих породах и о целом ряде геологических и гидрогеологических особенностей определенного локального пространства недр.

При эксплуатации месторождений геологическое изучение их продолжается с интенсивностью, обеспечивающей в оптимальных случаях не только восполнение погашаемых запасов, но и их увеличение от 10 до 30%. Тщательность и полнота геологического исследования сохраняет свою актуальность даже в период завершения эксплуатационных работ. Тем не менее в последнее время наблюдается тенденция к относительному снижению затрат на разведку месторождений по сравнению с затратами на строительство и эксплуатацию горных предприятий. Так по данным академика М. И. Агошкова, соотношение между капитальными затратами на промышленное освоение месторождений и затратами на геологоразведочные работы за три последних десятилетия увеличилось для угольных месторождений в 2–2,5 раза, а рудных — в 2–3 раза. В настоящее время

затраты на разведку в среднем не превышают 8—10% от общих ассигнований, выделяемых на строительство горных предприятий и освоение месторождений. Недостаточность затрат на разведочные работы во многих случаях сказывается на полноте изучения месторождений; последнее не позволяет при проектировании горных предприятий решать задачи комплексного освоения этих месторождений.

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых сопровождается, как известно, выемкой из недр более или менее значительного количества пород, не содержащих или содержащих в небольших количествах полезные компоненты и поэтому часто называемых «пустыми» породами. Использование недр связано с ежегодным извлечением из недр около 150 млрд. т горных пород, в том числе более 20 млрд. т полезных ископаемых (к 2000 г. ожидается 4—6-кратное увеличение этого количества). Следствием столь интенсивной деятельности человека является истощение содержащихся в недрах запасов полезных ископаемых, а также их структурные, гидрогеологические и химические изменения. В связи с этим возникает проблема охраны недр, которая теснейшим образом переплетается с задачами рационального использования минеральных ресурсов в процессе разработки месторождений полезных ископаемых. Решение этой задачи в настоящее время сводится к совершенствованию технологии добычи и переработки всей минеральной продукции, обеспечивающей наиболее полное, целесообразное и экономное ее использование. По данным В. В. Ржевского, при современной технологии добычи и использования полезных ископаемых лишь 1—5% от всего объема извлекаемых из недр веществ реализуется в виде продукции производства, а остальное является отходами.

7.2. РЕСУРСЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Распространение элементов в верхнем слое земной коры характеризуется кларками — процентами от общей массы. В 10—20-километровой толще пород 12 наиболее распространенных элементов составляют более 99% массы литосферы:

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
Кислород	49,13	Калий	2,35
Кремний	26,00	Магний	2,35
Алюминий	7,45	Водород	1,00
Железо	4,20	Титан	0,61
Калиций	3,25	Углерод	0,35
Натрий	2,40	Хлор	0,20

Многие из важнейших для современной цивилизации элементов встречаются в очень небольших количествах: так, например, содержание урана характеризуется кларком, равным $2,5 \cdot 10^{-4}$, ртути — $8,3 \cdot 10^{-6}$, серебра — $7 \cdot 10^{-6}$, золота — $4,3 \cdot 10^{-7}$.

Так как полезные ископаемые относятся к невозобновимым ресурсам, то естественно, что разработка месторождений, интенсивность которой неуклонно растет, приводит к прогрессирующему истощению земных недр.

В результате разработки месторождения полезных ископаемых исчезают из земных недр, а добытые минералы в том или ином виде рассеиваются в биосфере и за ее пределами. Из твердых полезных ископаемых, извлекаемых в наибольших количествах, уголь рассеивается в основном в атмосфере, обогащая воздух CO_2 и другими газами, а также аэрозолями; железо, рассеиваясь в основном по земле, вызывает «ожелезнение» поверхности планеты с изменением свойств почв и протекающих в них процессов. Небезынтересно отметить, что некоторые добытые из недр металлы не рассеиваются в биосфере, а концентрируются (в частности, это происходит с золотом и платиной).

В настоящее время имеются довольно разноречивые оценки запасов полезных ископаемых; займствованные из них некоторые данные о мировых запасах ряда полезных ископаемых приведены ниже:

Полезные ископаемые	Запасы, млрд. т	Полезные ископаемые	Запасы, млрд. т
Уголь	11240,00	Марганец	0,45
Железо	141,00	Медь	0,27
Алюминий	1,10	Цинк	0,14

По мере развития и совершенствования геологоразведочных работ открываются новые и доразведываются существующие месторождения; с повышением спроса на то или иное полезное ископаемое и с совершенствованием технологии его добычи и переработки кондиции, устанавливаемые для подсчета запасов в недрах, снижаются; как первое, так и второе приводит к увеличению запасов полезных ископаемых, использование которых становится экономически целесообразным.

Еще более противоречивы прогнозы сроков исчерпания запасов различных полезных ископаемых; их определяют по ориентировочным доступным для разработки запасам и предполагаемому расходованию минерального сырья. На рис. 56 приведена диаграмма, характеризующая обеспеченность минеральными ресурсами на период 1973—2000 гг., которая определена как отношение суммарного значения мировых запасов элементов в минеральном сырье, доступном для разработки, и прогнозной потребности в них, соответствующей объемам производства. В диаграмму включены элементы, разведанные доступные запасы которых не превышают десятикратной потребности в этих элементах.

В начале 70-х годов проблема ресурсов минерального и, в частности, энергетического сырья приобрела особую остроту. Прогнозы многих западных ученых были весьма тревожны. В распространяемых предположениях высказывалось, что в ближайшие десятилетия будут исчерпаны запасы свинцовых и цинковых руд, олова, золота, серебра, платины и асбеста; в XXI в. прекратится добыча никеля, кобальта, алюминия и, наконец, до 2500 г. будут израсходованы запасы всех металлов; экономически рентабельные запасы традиционного минерального топлива будут израсходованы в течение 100 лет. Со второй половины 70-х годов появились более оптимистические прогнозы, основанием для которых явилось повышение интенсивности и эффективности геологоразведочных работ, уточнение оценок запасов полезных ископаемых, совершен-

ствование способов их добычи и переработки и тенденция к относительному, а в ряде стран и к абсолютному снижению потребления энергоносителей и основных видов минерального сырья. В более поздних прогнозах обычно считают, что основных видов полезных ископаемых хватит, чтобы удовлетворить потребности человечества до XXI столетия. Впрочем, небезынтересно привести весьма своеобразный прогноз истощаемости запасов полезных ископаемых, опубликованный в 1981 г. в бюллетене экономической комиссии ООН. Сущность этого прогноза заключается в следующем—если развивающиеся страны увеличат потребление минеральных ресурсов до уровня США, то через 18 лет истощатся известные запасы бокситов, через 9 лет—меди, 7 лет—нефти, 5 лет—природного газа, 6 лет—свинца, а цинка—всего через 6 мес.

Прогнозные данные о ресурсах, а тем более о сроках истощения запасов минерального сырья, конечно, нельзя считать прецизионными. Высказанные ранее предположения о времени окончания в прошедшие годы добычи того или иного полезного ископаемого на Земле (особенно нефти) оказались неправильными—разработка месторождений продолжается и запасы по мере проведения геологоразведочных работ значительно «восстанавливаются».

Проблема истощения минеральных ресурсов на территории СССР, не имеющая еще такой остроты, как для многих других стран, является тем не менее первостепенной. В связи с этим приобретают особую актуальность задачи увеличения запасов полезных ископаемых путем изыскания месторождений на новых территориях и в значительной степени на больших глубинах и расширения группы доступных для извлечения запасов за счет перевода в нее забалансовых запасов.

В водах Мирового океана на дне и в недрах дна содержится громадное количество минеральных веществ. Полезные ископаемые Мирового океана делят на

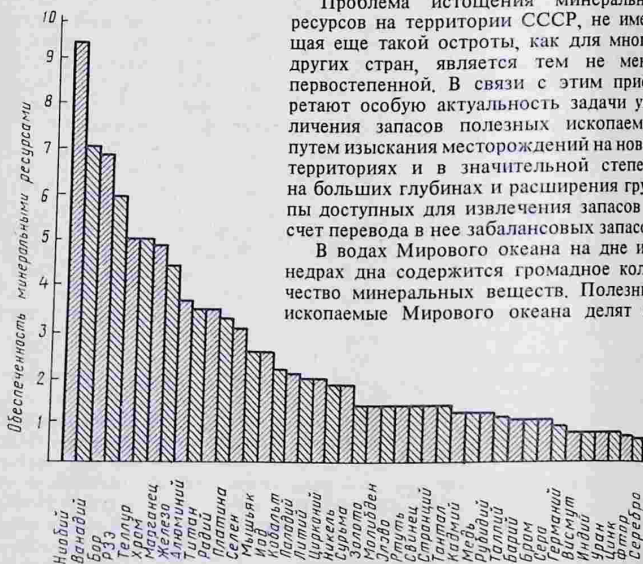


Рис. 56. Мировая обеспеченность минеральными ресурсами (по элементам, запасы которых не превышают десятикратной современной потребности).

располагающиеся в прибрежных россыпях, на морском дне и в морских недрах. Особое значение сейчас приобретают запасы полезных ископаемых, расположенные на шельфе — мелководной платформе или террасе, окаймляющей континенты и занимающей 7,5% водной поверхности Мирового океана (площадь шельфа в СССР равна почти 6 млн. км²). На шельфе скапливается огромная масса осадочных пород и происходит концентрация различных полезных ископаемых. Начиная с 60-х годов нашего столетия началось интенсивное изучение и освоение минеральных богатств шельфа. На шельфе открыто и эксплуатируется значительное количество месторождений морской нефти и газа; ведутся разработки месторождений твердых полезных ископаемых — магнетитовых и титаномagnetитовых песков, россыпного золота и платины, редкоземельных элементов, меди, серы, марганца, олова, никеля, кобальта, фосфоритов, алмазов и др. В Японии подводная разработка угольных месторождений обеспечивает более 20% всей добычи угля.

На больших глубинах огромные территории дна Тихого, Индийского и Атлантического океанов покрыты железомарганцевыми конкрециями, общая их масса ориентировочно только в Тихом океане определена в 1500 млрд. т; прогнозные запасы меди, никеля и кобальта составляют 20—25 млрд. т. Важно отметить, что запасы конкреций «возобновимы», в Тихом океане, например, ежегодно образуется до 6 млн. т конкреций. Разведанные скопления конкреций содержат в 20 раз больше кобальта, в 90 — никеля и в 42 раза марганца, чем во всех известных месторождениях континентов. Японские исследователи утверждают, что уже к следующему десятилетию добыча конкреций может удовлетворить потребности в кобальте на 50, а в марганце на 18%, а также что за счет конкреций морских месторождений человечество может удовлетворить свои потребности в меди на 3, никеля на 70, марганца на 140, кобальта на 420 тыс. лет.

Созданные для разработки месторождений шесть международных консорциумов ведут интенсивные исследовательские работы; добычу конкреций предполагается начать в 1985 г., доведя ее к 1990 г. до 12 млн. т. В рамках СЭВ создан координационный центр «Интерморгео», проводящий работы по изучению запасов конкреций.

Некоторое представление о минеральности Мирового океана можно получить при рассмотрении рис. 57, на котором изображена карта наиболее крупных месторождений, шахт и площадей железомарганцевых конкреций.

В глубоководных зонах на дне океанов залегают диатомовые и глобигериновые илы и красная глина; первые содержат огромные количества кальция и кремнезема, красная глина на 25% состоит из оксида алюминия. На дне Красного моря в глубоких разломах («трогах») обнаружены скопления ила, богатого серебром, цинком, медью и рядом других металлов; в Судане и Саудовской Аравии, у берегов которых на глубине до 2000 м открыто 18 месторождений, изыскиваются способы добычи этих металлов с морского дна.

Сама вода океанов и морей является, по существу, примерно 3%-ным раствором солей различных элементов. Уже в настоящее время из этого

раствора с успехом добывают поваренной соли (30%), магнезия (более 20%), значительные количества натрия, серы и калия. Хотя концентрация других элементов в воде относительно невелика, тем не менее суммарные количества их огромны. Так, например, в 1 м³ морской воды содержится только 0,008 мг золота, а вся масса золота, содержащегося в водах Мирового океана, составляет 10 млрд. т — в несколько раз больше исчисляемых запасов всех цветных металлов на континентах; урана в морских и океанских водах содержится около 4 млрд. т.

Возвращаясь к проблемам сегодняшнего дня, отметим настоятельную необходимость бережного использования извлекаемого из недр минерального сырья и изыскания путей сокращения расхода наиболее дефицитных его видов. Этой проблеме, в частности, посвящено постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов» от 30 июня 1981 г.

Важнейшей задачей в решении проблемы минерального сырья является использование так называемых вторичных ресурсов.

В промышленно развитых странах, например, 30–40% расходуемой меди получается от утилизации вторичного сырья. В ГДР создан научно-исследовательский институт вторичного сырья, координирующий научные исследования и обобщающий практику повторного использования всех видов отходов. Установлено, что расходы на сбор и переработку вторичных ресурсов в большинстве случаев ниже затрат, связанных с производством металлов, пластмасс и других материалов из первичного сырья.

Пластмассами, являющимися синтетическими заменителями металлов, в настоящее время заменяется более 40% алюминия и 15–17% черных и цветных металлов. Особенно эффективно применение полимерных материалов в машиностроительной промышленности — 1 т пластмасс заменяет около 3 т бронзы, свинца и других цветных металлов; в оборудовании, предназначенном для работы в агрессивных средах, пластмассы конкурируют с нержавеющей сталью.

7.3. ДИРЕКТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕДР

Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах, являющиеся основополагающим директивным документом, утверждены Законом СССР от 9 июля 1975 г.

Государственная собственность на недра в нашей стране является основой общественных отношений в области использования и охраны недр; в Основах эти отношения называются «горными». Горные отношения включают задачи рационального, комплексного использования недр для удовлетворения потребностей в минеральном сырье и других нужд народного хозяйства, охраны недр и права организаций при пользовании недрами.

В соответствии с Основами геологическим организациям на основа-

нии разрешений, выдаваемых специальными государственными органами, недра предоставляются в пользование для изучения геологического строения и протекающих в них процессов; выявления и оценки месторождений, изучения закономерностей их формирования и размещения, выявления условий разработки месторождений, а также в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Горным предприятиям недра для добычи полезных ископаемых предоставляются на основании акта, удостоверяющего «горный отвод». Горный отвод предоставляется предприятиям органами горного надзора; исключение из этого порядка составляют горные отводы для разработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых (известняк, глина, песок, камень, гравий и др.), которые выдаются районными или городскими исполнительными комитетами с последующей регистрацией в органах горного надзора.

Опытно-промышленная разработка месторождения или его части осуществляется без предоставления горного отвода; отметим, что такие разработки ведутся как горными предприятиями, так и геологоразведочными организациями.

Интересно отметить, что в ГДР для охраны разведанных месторождений, не подлежащих разработке в ближайшее время, устанавливаются, так называемые перспективные отводы-участки земной поверхности, на которых ограничивается деятельность организаций, оказывающих отрицательное влияние на освоение в будущем упомянутых выше месторождений. В частности, геологоразведочные организации, проводящие работы в пределах перспективного отвода, должны согласовывать методику выполняемых исследований с горным предприятием, которому выделен этот отвод.

Недра в соответствии с Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах предоставляются в бессрочное или временное пользование, в последнем случае срок устанавливается не свыше десяти лет. Пользователи недр обязаны обеспечивать: 1) полноту геологического изучения, рациональное, комплексное использование и охрану недр; 2) безопасное ведение работ по использованию недр; 3) охрану атмосферы, вод, земной поверхности и других объектов от вредного влияния работ, связанных с использованием недр; 4) приведение нарушенных земельных участков в безопасное и пригодное в народном хозяйстве состояние.

В Основах в статье 16 изложены следующие требования к геологическому изучению недр: 1) рациональное, научно обоснованное направление и эффективность работ по геологическому изучению недр;

2) полнота изучения геологического строения недр, горнотехнических, гидрогеологических и других условий разработки разведанных месторождений, строительства и эксплуатации подземных сооружений, а также не связанных с добычей полезных ископаемых;

3) достоверность определения количества и качества запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов; геологоэкономическая оценка месторождений полезных ископаемых;

4) ведение работ по геологическому изучению недр методами и способами, исключающими неоправданные потери полезных ископаемых и снижение их качества;

5) размещение извлекаемых из недр горных пород и полезных ископаемых, исключающее их вредное влияние на окружающую среду;

6) сохранение разведочных горных выработок и буровых скважин, которые могут быть использованы при разработке месторождений и в иных народнохозяйственных целях, и ликвидация в установленном порядке выработок и скважин, не подлежащих использованию;

7) сохранение геологической и исполнительно-технической документации, образцов горных пород и руд, керн, дубликатов проб полезных ископаемых, которые могут быть использованы при дальнейшем изучении недр, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, а также при пользовании недрами в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

После утверждения разведанных запасов в Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) месторождения подлежат передаче для промышленного освоения министерствам и ведомствам, осуществляющим добычу полезных ископаемых.

В соответствии со статьей 22 Основ законодательства о недрах при проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию горнодобывающих предприятий должны быть предусмотрены:

1) размещение наземных и подземных сооружений на месторождениях, обеспечивающее наиболее рациональное и эффективное использование запасов полезных ископаемых;

2) способы вскрытия, системы разработки и технические схемы переработки (подготовки) минерального сырья, обеспечивающие наиболее полное, комплексное и экономически целесообразное извлечение из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, а также использование содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение;

3) рациональное использование вскрышных пород при разработке месторождений;

4) складирование и сохранение попутно добываемых, временно не используемых полезных ископаемых, а также отходов производства, содержащих полезные компоненты;

5) геологическое изучение недр, вскрываемых в процессе строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий, и составление геологической и маркшейдерской документации;

6) меры, обеспечивающие безопасность, охрану недр и других объектов природной среды, зданий и сооружений.

Разработка месторождений полезных ископаемых в соответствии со статьей 24 Основ должна осуществляться таким образом, чтобы было обеспечено:

1) применение наиболее рациональных и эффективных методов добычи основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и извлечение содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение, недопущение сверхнормативных потерь и

сверхнормативного разубоживания полезных ископаемых, а также выборочной отработки богатых участков месторождений, приводящей к необоснованным потерям балансовых запасов полезных ископаемых;

2) осуществление доразведки месторождений и иных геологических работ, проведение маркшейдерских работ, а также ведение предусмотренной технической документации;

3) учет состояния и движения запасов, потерь и разубоживания полезных ископаемых;

4) недопущение порчи разрабатываемых и соседних с ними месторождений в результате проводимых горных работ, а также сохранение запасов полезных ископаемых, консервируемых в недрах;

5) сохранение и учет попутно добываемых временно не используемых полезных ископаемых, а также отходов производства, содержащих полезные компоненты;

6) рациональное использование вскрышных пород и отходов производства, а также правильное их размещение;

7) безопасность работ, охрана недр и других объектов природной среды, зданий и сооружений.

К основным мероприятиям по охране недр в Основах законодательства (статья 33) относятся:

1) обеспечение полного и комплексного геологического изучения недр;

2) соблюдение установленного порядка предоставления недр в пользование;

3) наиболее полное извлечение из недр и рациональное использование запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов;

4) недопущение вредного влияния работ, связанных с использованием недрами, на сохранность запасов полезных ископаемых;

5) охрана месторождений от затопления, обводнения, пожаров и от других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений;

6) предупреждение необоснованной и самовольной застройки площадей залегания полезных ископаемых и соблюдение установленного порядка использования этих площадей для других целей;

7) предотвращение загрязнения недр при подземном хранении различных веществ, захоронении вредных веществ и отходов производства, сбросе сточных вод.

Редкие геологические обнажения, минералогические образования, палеонтологические объекты и другие участки недр, представляющие особую научную или культурную ценность, в соответствии со статьей 35 Основ законодательства могут быть объявлены заповедниками либо памятниками природы или культуры.

За использованием и охраной недр установлен государственный горный надзор и государственный геологический контроль, помимо этого осуществляется ведомственный контроль, производимый органами, в ведении которых находятся предприятия и организации, пользующиеся недрами.

На горных предприятиях контроль за правильностью разработки месторождений с охраной недр осуществляется геологической, маркшейдерской и иными службами.

В ноябре 1978 г. в развитии Основ законодательства о недрах издан Указ Президиума Верховного Совета СССР об административной ответственности за нарушение этого законодательства. Указом установлена ответственность лиц, виновных в невыполнении правил охраны недр, и усилен государственный надзор и контроль за рациональным комплексным использованием и охраной недр.

В ГДР правовой основой охраны и рационального использования недр является Горный закон (1969). На основе Горного закона в дополнение и развитие его издан ряд постановлений, в частности посвященных расчету, утверждению и учету запасов, установлению Государственной инспекции по месторождениям и Государственной комиссии по запасам минерального сырья. Четвертое постановление к Горному закону посвящено решению проблем исследования и использования сопутствующих полезных ископаемых. При Министерстве геологии ГДР создана Государственная комиссия по запасам минерального сырья, в функции которой входят регистрация и утверждение запасов.

7.4. ПОТЕРИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методика определения и учета потерь. Разработка месторождений, как известно, связана с количественными и качественными потерями полезных ископаемых. Решение вопросов рационального использования минеральных ресурсов в процессе разработки месторождений должно основываться на тщательном учете полноты и качества извлечения полезных ископаемых.

Контроль за полнотой и качеством извлечения полезных ископаемых проводится в соответствии с «Типовыми методическими указаниями по определению и учету потерь твердых полезных ископаемых при добыче», разработанными под руководством М. И. Агошкова и утвержденными в 1972 г. Госгортехнадзором. Типовые методические указания являются обязательными для исполнения всеми организациями, производящими проектирование, строительство горных предприятий и разработку месторождений всех отраслей горно-добывающей промышленности, а также геологоразведочными организациями, ведущими частичную разработку разведываемых месторождений.

В типовых методических указаниях количественные потери именуются просто «потерями», а качественные — «потерями качества». В указаниях унифицирующими показателями полноты и качества извлечения являются K_n — коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр; K_k — коэффициент изменения качества полезного ископаемого при добыче; p — потери полезного ископаемого; p_k — потери полезного компонента.

Коэффициент извлечения и коэффициент изменения качества являются учетными показателями вместе с показателем потерь. Коэффициент извлечения для полезных ископаемых, качество которых характеризуется содержанием полезного компонента, вычисляется по выражению:

$$K_n = Da / (BC), \quad (7.1)$$

где D — количество добытого полезного ископаемого, т(м³); B — количество погашенных при добыче балансовых запасов, т(м³); a и C — среднее содержание полезных компонентов соответственно в добытом полезном ископаемом и в погашенных балансовых запасах, % (кг/т, кг/м³, к/т, г/м³).

В коэффициенте извлечения учитываются реальные потери полезного ископаемого в недрах и принос полезных компонентов с примешиваемыми породами. Так как качество добываемого угля характеризуется зольностью, то выражение для вычисления коэффициента извлечения при разработке угольных месторождений принимает следующий вид:

$$K_n = \frac{D(100 - A_d)}{B(100 - A_b)}, \quad (7.2)$$

где A_d и A_b — зольность соответственно в добытом угле и в его балансовых запасах, %.

Коэффициент извлечения полезных ископаемых, качество которых при разработке не характеризуется содержанием полезного компонента, определяется по выражению:

$$K_n = D\Pi_d / (B\Pi_b), \quad (7.3)$$

где Π_d и Π_b — валовая ценность соответственно 1 т добытого и погашенных балансовых запасов полезного ископаемого.

Коэффициент изменения качества при добыче всех монометаллических, некоторых полиметаллических месторождений и месторождений горнохимического сырья вычисляется по формуле:

$$K_k = a / C. \quad (7.4)$$

Для угольных месторождений

$$K_k = \frac{100 - A_d}{100 - A_b}. \quad (7.5)$$

Для разработки сланцевых месторождений он выражается, исходя из изменения теплоты сгорания сланцев:

$$K_k = T_d / T_b, \quad (7.6)$$

где T_d и T_b — теплота сгорания соответственно добытых и балансовых запасов сланца.

Для полезных ископаемых, ценность которых определяется не содержанием полезных компонентов, а сортностью, в частности, выходом блоков (стройматериалы), размером добытых кусков или монокристаллов (сляда и кристаллосырье), прочностными свойствами (строительный щебень) и др., коэффициент изменения качества равен

$$K_k = \Pi_d / \Pi_b. \quad (7.7)$$

Для единообразия учета потерь полезных ископаемых в процессе разработки месторождений и контроля за полнотой их извлечения

на различных стадиях добычных работ в указаниях предлагает следующую классификация потерь:

Единая классификация потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений

I класс. Общешахтные (общерудничные, общекарьерные, общеприисковые) потери.

Потери в охранных целиках около капитальных горных выработок, скважин, под зданиями, техническими и хозяйственными сооружениями, водоемами, водоносными горизонтами, коммуникациями, заповедными зонами; в барьерных целиках между шахтными полями.

II класс. Эксплуатационные потери.

Группа I. Потери полезного ископаемого в массиве

1. В недоработанной части целиков у подготовительных выработок (междублоковые, междупанельные, междуэтажные целики).
2. В целиках внутри выемочного участка (блока, камеры, панели, столба, карьерного поля, дражного полигона).
3. В лежащем, висячем боках (в почве, кровле), по верхней и нижней границам контура рудного тела, залежи, в бортах карьера.
4. В местах выклинивания и на флангах пласта, залежи, рудного тела.
5. Между выемочными слоями.
6. В подработанных частях (пласта, рудного тела).
7. В целиках пожарных, затопленных, заваленных участков.
8. В целиках у геологических нарушений.

Группа II. Потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого

1. В подготовительных и очистных забоях при совместной выемке и смешивании со вмещающими породами.
2. Оставленного в выработанном пространстве: а) от смешивания с обрушенными породами при выпуске; б) на лежащем боку (почве), на уступах, на днище блока.
3. В местах обрушений, в завалах, в пожарных и затопленных участках.
4. В местах погрузки, разгрузки, складирования, сортировки, на транспортных путях горного предприятия.

Комплексность разработки месторождений отражается в требовании проводить определение извлечения и потерь в многокомпонентных рудах по всем полезным компонентам. Потери полезных ископаемых должны определяться преимущественно прямыми методами; косвенные методы допускаются при невозможности использования прямых методов. Прямым методом учета потерь называют такой метод, при котором потери устанавливаются на основании непосредственных замеров количества теряемого полезного ископаемого, примешанных пустых пород и добытой горной массы, что позволяет избежать пустящих косвенным методам ошибок в расчетных величинах.

Потери полезных ископаемых зависят от геологических особен-

где D — количество добытого полезного ископаемого, т(м³); B — количество погашенных при добыче балансовых запасов, т(м³); a и C — среднее содержание полезных компонентов соответственно в добытом полезном ископаемом и в погашенных балансовых запасах, % (кг/т, кг/м³, к/т, г/м³).

В коэффициенте извлечения учитываются реальные потери полезного ископаемого в недрах и привнос полезных компонентов с примешиваемыми породами. Так как качество добываемого угля характеризуется зольностью, то выражение для вычисления коэффициента извлечения при разработке угольных месторождений принимает следующий вид:

$$K_n = \frac{D(100 - A_d)}{B(100 - A_b)}, \quad (7.2)$$

где A_d и A_b — зольность соответственно в добытом угле и в его балансовых запасах, %.

Коэффициент извлечения полезных ископаемых, качество которых при разработке не характеризуется содержанием полезного компонента, определяется по выражению:

$$K_n = D\Pi_d / (B\Pi_b), \quad (7.3)$$

где Π_d и Π_b — валовая ценность соответственно 1 т добытого и погашенных балансовых запасов полезного ископаемого.

Коэффициент изменения качества при добыче всех монометаллических, некоторых полиметаллических месторождений и месторождений горнохимического сырья вычисляется по формуле:

$$K_k = a / C. \quad (7.4)$$

Для угольных месторождений

$$K_k = \frac{100 - A_d}{100 - A_b}. \quad (7.5)$$

Для разработки сланцевых месторождений он выражается, исходя из изменения теплоты сгорания сланцев:

$$K_k = T_d / T_b, \quad (7.6)$$

где T_d и T_b — теплота сгорания соответственно добытых и балансовых запасов сланца.

Для полезных ископаемых, ценность которых определяется не содержанием полезных компонентов, а сортностью, в частности, выходом блоков (стройматериалы), размером добытых кусков или монокристаллов (сланца и кристаллосырье), прочностными свойствами (строительный щебень) и др., коэффициент изменения качества равен

$$K_k = \Pi_d / \Pi_b. \quad (7.7)$$

Для единообразия учета потерь полезных ископаемых в процессе разработки месторождений и контроля за полнотой их извлечения

на различных стадиях добычных работ в указаниях предлагает следующая классификация потерь:

Единая классификация потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений

I класс. Общешахтные (общерудничные, общекарьерные, общеприисковые) потери.

Потери в охранных целиках около капитальных горных выработок, скважин, под зданиями, техническими и хозяйственными сооружениями, водоемами, водоносными горизонтами, коммуникациями, заповедными зонами; в барьерных целиках между шахтными полями.

II класс. Эксплуатационные потери.

Группа I. Потери полезного ископаемого в массиве

1. В недоработанной части целиков у подготовительных выработок (междублоковые, междупанельные, междузатяжные целики).

2. В целиках внутри выемочного участка (блока, камеры, панели, столба, карьерного поля, дражного полигона).

3. В лежащем, висячем боках (в почве, кровле), по верхней и нижней границам контура рудного тела, залежи, в бортах карьера.

4. В местах выклинивания и на флангах пласта, залежи, рудного тела.

5. Между выемочными слоями.

6. В подработанных частях (пласта, рудного тела).

7. В целиках пожарных, затопленных, заваленных участков.

8. В целиках у геологических нарушений.

Группа II. Потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого

1. В подготовительных и очистных забоях при совместной выемке и смешивании со вмещающими породами.

2. Оставленного в выработанном пространстве: а) от смешивания с обрушенными породами при выпуске; б) на лежащем боку (почве), на уступах, на днище блока.

3. В местах обрушений, в завалах, в пожарных и затопленных участках.

4. В местах погрузки, разгрузки, складирования, сортировки, на транспортных путях горного предприятия.

Комплексность разработки месторождений отражается в требовании проводить определение извлечения и потерь в многокомпонентных рудах по всем полезным компонентам. Потери полезных ископаемых должны определяться преимущественно прямыми методами; косвенные методы допускаются при невозможности использования прямых методов. Прямым методом учета потерь называют такой метод, при котором потери устанавливаются на основании непосредственных замеров количества теряемого полезного ископаемого, примешанных пустых пород и добытой горной массы, что позволяет избежать присущих косвенным методам ошибок в расчетных величинах.

Потери полезных ископаемых зависят от геологических особен-

ностей разрабатываемых месторождений, тщательности и полноты их изучения в процессе геологоразведочных работ, а также от способа и технологии добычи.

Установление нормативов потерь и обоснование кондиций на полезные ископаемые производится исходя из экономических оценок, выполняемых в соответствии с Типовыми методическими указаниями по оценке экономических последствий потерь полезных ископаемых при разработке месторождений. За нормативные значения потерь горного предприятия принимаются такие, которые соответствуют варианту отработки месторождения или его части, обеспечивающему получение наибольшей прибыли на единицу погашенных балансовых запасов. Нормативы потерь полезных ископаемых определяются горным предприятием и утверждаются (после согласования с органами Госгортехнадзора) вышестоящей организацией.

Количественные и качественные потери. Количественные потери полезных ископаемых являются непосредственной характеристикой степени рациональности (полноты) использования недр. Негативный характер качественных потерь выражается в том, что с их увеличением при одинаковых масштабах истощения недр технико-экономический эффект, оправдывающий это необратимое нарушение природной среды, снижается. При разработке руд, геохимического сырья и россыпей качественные потери называют разубоживанием.

Взаимосвязь между количественными и качественными потерями полезных ископаемых своеобразна; так при разработке рудных месторождений наиболее полное извлечение руды связано обычно с повышенным разубоживанием. Открытый способ разработки месторождений характеризуется относительно умеренными потерями, составляющими 3—8, а при сложных месторождениях — 10—12%. В связи с этим следует отметить, что в перспективе добычу открытым способом угля предполагается в нашей стране довести до 50—55%; железных руд — до 85, руд цветных металлов до 75—80, горнохимического сырья — до 60% (разработка месторождений строительных материалов и россыпей уже в настоящее время производится в основном открытым способом).

За последние годы в ГДР осуществляется учет и контроль потерь даже на карьерах, где ведется добыча гравия, гравийного песка, песка и щебня. На месторождениях гравия и песка потери составляют от 7,5 до 25, при добыче щебня они меняются в зависимости от условий в более широких пределах от 2 до 60%.

При подземной разработке месторождений потери, как правило, более значительны; величину их устанавливают не только с учетом горногеологических условий, но и в зависимости от вида и ценности полезных ископаемых. В среднем потери угля при шахтной добыче составляют 20—40%, руд черных и цветных металлов — 15—25, горнохимического сырья — 20—60%.

Количественные и качественные потери полезного ископаемого для конкретного месторождения в значительной мере предопределяются до начала его эксплуатации при геологическом изучении (в зависимости от полноты и тщательности разведочных работ), при принятии

проектных решений по вскрытию, системам разработки, расположению поверхностных сооружений и т. д.

При разработке месторождений открытым и подземным способами потери зависят, кроме того, от ряда технологических факторов: выемки (отбойки) пород и полезного ископаемого, погрузочно-транспортных операций и процессов поддержания выработанного пространства. Уместно отметить о потерях полезного ископаемого в целиках, оставляемых в очистных выработках при подземной разработке месторождений с целью предотвращения прорывов воды, скопившейся или поступающей в некачественно затампонируемые при ликвидации разведочные скважины.

Рассмотрим некоторые примеры влияния перечисленных факторов на снижение или увеличение количественных и качественных потерь. На участках карьерных и шахтных полей Северного и Орджоникидзевского ГОКов и ряда рудников Кривого Рога тщательное проведение эксплуатационной разведки, осуществляемой за 3—7 лет до начала добычных работ, обеспечивает прирост запасов более чем на 7—10% при открытой разработке и около 5% при подземной разработке месторождений.

Велики количественные потери руд в охранных целиках Ковдорского железорудного месторождения, непосредственно над которым были запроектированы и сооружены город и промышленные объекты; под зданиями и сооружениями, возведенными на территории Донецкого бассейна, оставлено 1,6 млрд. т угля.

При открытой разработке сложноструктурных месторождений возможны следующие технологические схемы добычи полезных ископаемых: валовая выемка, валовая отбойка с валовой экскавацией, раздельная выемка, раздельная отбойка с раздельной экскавацией, валовая отбойка с раздельной экскавацией. Применение раздельного способа отбойки руды и породы привело к уменьшению на 1% потерь и на 4,5% разубоживания руды на Тишинском карьере Ленинского полиметаллического комбината, а на Николаевском карьере снижение потерь достигло 2,4, а разубоживания 0,4%. На карьерах Орджоникидзевского ГОКа вскрышные работы производятся в основном мощными шагающими драглайнами; почти горизонтально залегающие рудные пласты относительно небольшой мощности (в среднем 2 м) имеют сложную гипсометрию кровли. При этих условиях довольно существенные сокращения потерь достигаются за счет того, что экскаватор, работающий на нижнем вскрышном уступе, оставляет над рудным пластом слой породы толщиной в несколько десятков сантиметров; выемка этой породы и погрузка ее в ковш драглайна осуществляются бульдозером.

Качественные потери на разведочно-эксплуатационных предприятиях Всесоюзного промышленного объединения «Союзкварцсамоцветы» Мингео СССР (производящих разведку и попутную разработку месторождений кристаллосырья) заключаются в основном в разрушении кристаллов технического и ювелирного сырья при отбойке вмещающих пород и полезных ископаемых.

На карьере пьезокварца в Якутии за счет оптимизации параметров

уступов и технологии взрывной отбойки достигнуто снижение качественных потерь, при этом коэффициент изменения качества увеличился в 2 раза. На месторождении исландского шпата в Эвенкии значительное снижение качественных потерь с одновременным сокращением затрат труда на ручную отбойку было достигнуто при внедрении отбойки вскрышных пород зарядами «гидрокс», взрывной импульс которых имеет квазистатический характер, обеспечивающий сохранение цельности кристаллов.

При подземной разработке месторождений значительное снижение количественных и качественных потерь достигается за счет расширения области применения систем разработки с закладкой (особенно твердеющей) выработанного пространства. Твердеющая закладка становится универсальным видом поддержания выработанного пространства, применяемого в различных геологических и горнотехнических условиях подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Наиболее интенсивно она внедряется в горнорудной промышленности, в первую очередь на рудниках цветной металлургии. Ниже представлены данные о снижении потерь руды при замене некоторых систем разработки:

Название систем	Потери руды, %	Название систем	Потери руды, %
Слоевого и подэтажного обрушения	7—20	Горизонтальными слоями с твердеющей закладкой . .	1—4
Этажного обрушения	15—20	Этажно-камерная с твердеющей закладкой	2—5
Камерно-столбовые	15—30	Камерно-целиковые с твердеющей закладкой	2—8

В сложных горногеологических условиях разработки месторождений Норильского горнометаллургического комбината при опережающей выемке руд высокой ценности использование прогрессивной технологии добычи с применением твердеющей закладки обеспечило извлечение 98,6% руд в очистных забоях. В цветной металлургии эти системы применяются на многих рудниках (Такелийского свинцово-цинкового, Зыряновского свинцового, Лениногорского полиметаллического и других комбинатов и рудоуправлений). Успешно система с твердеющей закладкой начинает внедряться и на рудниках черной металлургии; замена системы подэтажного обрушения на систему с твердеющей закладкой на одной из шахт в Кривбассе позволило снизить потери до 4, а разубоживание до 3% (при установленных до замены нормативных потерях, равных 14%, и разубоживании — 9%).

Применение систем разработки с твердеющей закладкой обеспечивает возможность селективной выемки разнорудных руд, а также исключает безвозвратные потери некондиционных руд, оставляемых в недрах.

По мере совершенствования технологии добычи, переработки и использования минерального сырья, а также с истощением запасов ценных полезных ископаемых требования кондиций в отношении содержания полезных компонентов постепенно снижаются. Так, напри-

мер, в начале XIX столетия кондиционными считались руды, содержащие 10% меди; к началу XX в. это содержание было снижено до 3,8, а в настоящее время оно составляет менее 1%.

При разработке железных руд Кривого Рога в довоенные годы большое количество запасов богатых (по сегодняшнему представлению) руд было оставлено в недрах, в связи с тем что минимальным содержанием железа при оконтуривании залежей принималось равным 50% (в настоящее время бортовое содержание железа в руде равно 46%). Вследствие этого в отработанных участках месторождений Кривого Рога имеется большое количество кондиционных по качеству железных руд, значительная часть которых может быть извлечена при повторной разработке месторождений. Отметим, что повторная разработка целесообразна также и для многих месторождений цветных металлов.

Естественно, что кондиции на добываемые полезные ископаемые будут и впредь снижаться и часть запасов некондиционного минерального топлива и сырья будет переводиться в кондиционные. Оставление некондиционных полезных ископаемых в недрах или в отвалах можно избежать при обогащении бедных руд; целесообразность этого мероприятия во многих случаях безусловна и обеспечивает более рациональное использование минеральных богатств недр. Так, в том же Криворожском бассейне на предприятиях рудоуправления Дзержинского оставляется в недрах каждая шестая тонна запасов, не отвечающих по содержанию железа кондициям; на складах бедных руд скопилось более 3 млн. т горной массы. При организации обогащения руд с содержанием 38–40% балансовые запасы рудоуправления возрастут примерно в 2 раза.

На Экибастузских карьерах при внутрислоевой вскрыше в отвалы вместе с породой отправляется примерно 3 млн. т. угля в год. Добычные роторные комплексы производят валовую выемку полезного ископаемого, в результате чего в некоторых случаях зольность угля составляет 45–47% (нестандартные угли). Решение проблемы обогащения или использования высокзолых углей позволило бы увеличить запасы бассейна до 11 млрд. т.

В Донбассе с увеличением глубины разработки зольность углей возрастает, при комбайновой выемке уголь отбивается вместе со сланцевыми прослойками, в результате чего из шахт выдается нередко уголь, содержащий до 31,5% золы. Проблема обогащения углей для всех шахт Донецкого бассейна приобретает исключительную актуальность.

Таким образом снижение количественных и качественных потерь полезных ископаемых достижимо и за счет более широкого внедрения и совершенствования процесса обогащения, позволяющего вовлечь в эксплуатацию забалансовые запасы полезных ископаемых, извлечение из недр значительной части которых (в связи с наличием пройденных вскрывающих и подготовительных выработок) экономически выгодно. При этом следует подчеркнуть, что обогатительные фабрики, о которых ранее упоминалось только как о смежных производствах, увеличивающих загрязнение природной среды, в дан-

ном случае должны быть отнесены к одному из основных звеньев технологии рационального использования недр. Важным и перспективным направлением эффективного извлечения полезных компонентов из месторождений, запасы которых отнесены к забалансовым, а также снижения потерь полезных ископаемых, оставляемых в недрах, является применение геотехнологических способов разработки — скважинной гидродобычи, выщелачивания, подземной выплавки и сжигания (газификации).

Необходимо обратить внимание и на потери полезных ископаемых при распылении в процессе перевозки их к потребителям в железнодорожных полувагонах. По данным Всесоюзного института горючих ископаемых только за счет «выдувания» угольной пыли при перевозке продукции горных предприятий, например, от Новокузнецка до Магнитогорска, потери в среднем составляют 1,2 т на каждый полувагон (наиболее интенсивному выдуванию подвержены природно сухие угли и высушенные концентраты обогатительных фабрик). Устранение этих потерь достижимо при устройстве на пунктах отправки продукции несложных установок для поливки угля или концентрата в полувагонах водомазутными эмульсиями, образующими защитную устойчивую пленку на орошаемой поверхности. В качестве эмульсий может использоваться не только мазут, но и различные отходы нефтепереработки, вода пригодна любая, в том числе и загрязненная шлаками; расход эмульсии невелик.

7.5. КОМПЛЕКСНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИЗ НЕДР ОСНОВНЫХ И СОВМЕСТНО С НИМИ ЗАЛЕГАЮЩИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

По существу, все извлекаемые из недр горные породы содержат в том или ином количестве ценные компоненты, например в граните присутствуют титан, фосфор, марганец, сера, фтор, хлор, барий, стронций, литий, хром, рубидий, ванадий, цирконий, никель, медь, цинк, свинец и многие другие. Однако эти компоненты содержатся в очень малых количествах и составляют всего 1% от массы породы, поэтому извлечение их при современном состоянии техники нерентабельно. В отличие от этого в полезных ископаемых природная концентрация химических элементов значительна и их экономически выгодно добывать и перерабатывать.

Практически все месторождения твердых полезных ископаемых являются комплексными; они содержат, как правило, несколько различных минералов и химических элементов, одни из которых считаются основными, другие — попутными (сопутствующими, или совместно залегающими) полезными ископаемыми. Проблема комплексного использования минеральных ресурсов рассматривается в двух аспектах: 1) комплексное использование месторождений полезных ископаемых; 2) комплексное использование добываемого минерального сырья. Эта проблема включает в себя и использование отходов производства; на схеме 11 приведена структура комплексного использования минеральных ресурсов.

Под комплексным использованием месторождений понимается



извлечение из недр в пригодном для употребления состоянии основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых.

Комплексное использование месторождений полезных ископаемых является задачей, решаемой геологами и горняками в процессе геологоразведочных работ, проектирования и строительства горных предприятий и эксплуатации месторождений.

Решение задачи комплексного использования добываемого минерального сырья базируется на результатах деятельности геологоразведчиков и реализуется в процессе совместной деятельности горняков и переработчиков (обогатителей, металлургов или химиков). При этом участие горняков сводится к добыче, складированию или поставке потребителю минерального сырья с учетом обеспечения установленных кондиций.

Основой комплексного использования месторождений полезных ископаемых служит в первую очередь их геологическое исследование. Во многих случаях геологические исследования должны охватывать обширные площади земной поверхности, ограниченные, например, контурами существующих или планируемых территориально-промышленных комплексов (ТПК). Это позволяет решать проблемы комплексного использования полезных ископаемых в масштабах не только отдельных месторождений, но и целых регионов.

Целесообразность комплексности многоцелевого использования минеральных богатств становится очевидной из примера необычайного скопления и разнообразия полезных ископаемых на Кольском полуострове (еще академиком А. Е. Ферсманом высказывалась идея комплексного использования этих месторождений). В настоящее время Кольский полуостров иногда называют «полуостровом сокровищ»;

на его территории разведаны месторождения апатитонепелиновых, медно-никелевых и железных многокомпонентных руд, крупнейшие месторождения ценных разновидностей слюды, кианита, кварц-полевошпатового сырья и других полезных ископаемых. Уровень комплексности использования месторождений оценивается числом добываемых на месторождении полезных ископаемых и полезных компонентов, а также степенью их полноты извлечения и реализации.

При проведении геологоразведочных работ, начиная со стадии предварительной разведки, должно производиться комплексное изучение основных и совместно залегающих полезных ископаемых, представляющих промышленную ценность. На основании полученных данных проводится комплексная геологоэкономическая оценка разведываемых месторождений, включающая в себя помимо геологической горнотехническую, технологическую и экономическую оценку.

Важнейшим элементом геологоэкономической оценки является обоснование кондиций на минеральное сырье, позволяющих оконтуривать и определять балансовые и забалансовые запасы основных и сопутствующих полезных ископаемых. Основным документом, отражающим экономическую целесообразность проектирования и строительства горного предприятия, обеспечивающего комплексное использование месторождения, служит технико-экономическое обоснование (ТЭО), включающее, в частности, характеристику качественного состава, технологических свойств и областей использования основных и сопутствующих полезных ископаемых и геологоэкономическую оценку промышленных и перспективных запасов этих полезных ископаемых.

В ГДР в соответствии с горным законодательством установлено государственное финансирование работ по поискам и предварительной разведке сопутствующих видов сырья; таким образом, организация, производящая разведку месторождений тех или иных полезных ископаемых, не несет дополнительных расходов на комплексное исследование этих месторождений (эти расходы восполняются из фонда Министерства геологии). Только финансирование детальной разведки сопутствующих полезных ископаемых осуществляется заказчиком (потребителем). Отмеченный порядок финансирования — стимулирующий фактор комплексных геологоразведочных исследований.

В некоторых случаях добыча сопутствующих полезных ископаемых начинается уже во время проходческих работ при строительстве горного предприятия. Интересен пример строительства полиметаллического рудника «Юбилейный» на Алтае, где проходка вскрывающих штолен сопровождается попутной добычей полевого шпата и слюды.

Производственные процессы разработки месторождений (выемка и отбойка, погрузка, транспортировка и складирование, а также управление горным давлением и поддержание выработанного пространства) должны осуществляться с учетом создания возможности наибольшей рациональности комплексного использования добываемых полезных ископаемых.

Экономическая эффективность комплексного использования месторождений заключается в основном в том, что одноразовые затраты на геологоразведочные работы, вскрытие и в значительной степени

на подготовительные и очистные работы распределяются на большую массу добываемых полезных ископаемых, снижая при этом стоимость единицы продукции.

Комплексное использование месторождений в процессе их разработки в настоящее время имеет наибольшее распространение на горнодобывающих предприятиях цветной металлургии, в связи с тем что руды цветных металлов, как правило, являются сложными и многокомпонентными. В этих рудах наряду с основными — медью, свинцом, никелем и другими металлами — содержатся многочисленные попутные полезные компоненты: золото, серебро, платиноиды, олово, вольфрам, молибден, кобальт, мышьяк, сера, железо, барий, кадмий, селен, теллур, индий, рений и др. При этом нередко ценность сопутствующих полезных компонентов превышает ценность основных. Так, например, на Гайском медном месторождении суммарная ценность добываемых попутных полезных ископаемых выше стоимости добываемой меди.

Горно-металлургические предприятия цветной металлургии помимо 12 основных металлов выпускают сырье и готовую продукцию из 62 элементов. На Лениногорском комбинате из 13 элементов, содержащихся в свинцово-цинковых рудах, извлекают 11; из медных руд, содержащих 14 элементов, на Балхашском комбинате извлекают 12 элементов. В свинцово-цинковых месторождениях Горной Осетии, на базе которых ведутся добычные работы Садонским комбинатом, содержится 23 элемента, извлекается — 15.

В табл. 39 приведены некоторые данные об основных и сопут-

Т а б л и ц а 40

Название групп	Руды				
	Медные	Никелевые	Свинцово-цинковые	Вольфрамомолибденовые	Оловянные
Основные компоненты	Медь	Никель	Свинец, цинк	Вольфрам, молибден	Олово
Сопутствующие, извлекаемые из концентратов обогащения	Цинк, молибден, свинец, железо, сера, золото	Медь, сера, пирит, пиротин	Медь, олово, висмут, барит, золото, сера	Медь, висмут, олово, сера, золото, флюорит, свинец, барит, цинк	Медь, свинец, цинк, вольфрам, висмут, флюорит, сера, серебро
Сопутствующие, выделяемые при металлургических процессах	Золото, серебро, висмут, рений, селен, теллур, индий, германий, галлий, кадмий	Кобальт, золото, серебро, платина, палладий, родий, германий, иттрий, осмий, селен, теллур	Золото, серебро, кадмий, индий, селен, теллур, галлий, тантал, германий	Золото, серебро, рений, скандий, бериллий, селен, теллур, германий	Индий, кадмий, германий, таллий

ствующих полезных ископаемых в рудах цветных металлов с разделением их на группы по возможности извлечения ценных компонентов.

На основе комплексного использования минерального сырья цветных металлов обеспечивается экономичное попутное извлечение из некондиционных руд более 10% общего количества меди, свинца и молибдена, а также осуществляется промышленное производство рассеянных цветных металлов.

Однако следует отметить, что комплексное использование многокомпонентных полиметаллических руд еще недостаточно. По данным академика Н. В. Мельникова при их переработке теряется более 15% меди, 50 цинка, 45 свинца и до 14% благородных металлов.

Большинство железорудных месторождений характеризуются также многокомпонентностью полезных ископаемых. К наиболее важным из сопутствующих элементов относятся: ванадий, медь, кобальт, никель, германий, фосфор, сера, бор, тантал, ниобий и цирконий. Следует отметить, что в рудах многих железорудных месторождений содержание цветных и редких металлов больше, чем в месторождениях, разрабатываемых горными предприятиями цветной металлургии. В частности, ряд железорудных месторождений Урала можно рассматривать как медно-кобальтово-железные.

Из некоторых титаномагнетитовых руд планируется извлекать в качестве попутного компонента ванадий, в количествах, обеспечивающих потребность народного хозяйства (предполагается значительное расширение использования этого элемента при выплавке сталей, в химической и энергетической промышленности и автомобилестроении). Поставляя ванадий в качестве товарной продукции, Качканарский ГОК получает значительный экономический эффект.

На Соколовско-Сарбайском ГОКе обеспечивается извлечение из руды сопутствующей серы, алюминия, ряда цветных и редких металлов. Однако доля попутной продукции на железорудных предприятиях все еще невелика.

Рассмотрим проблему комплексного использования железорудных месторождений Кривого Рога. В карьерах Криворожского бассейна в основном добывают магнетитовые легкообогащаемые кварциты, оставляя в недрах труднообогатимые окисленные (гематитовые) железистые кварциты, запасы которых огромны. Решение проблемы комплексного использования криворожских руд должно включать и извлечение железа из окисленных кварцитов, в первую очередь, это целесообразно производить при попутной добыче гематитовых кварцитов в карьерах. В месторождениях твердых горючих ископаемых присутствуют редкие, рассеянные элементы; при разработке угольных и сланцевых месторождений используются сопутствующие коалины и огнеупорные формовочные глины. На территории горных предприятий Донбасса установлено наличие более 50 видов минерального сырья, использование значительной части которого экономически целесообразно. Интересно отметить, что при добыче бурого угля на карьерах ГДР в качестве попутного полезного ископаемого добывается янтарь в количестве, удовлетворяющем потребность страны.

Из эстонских сланцев вырабатывается более 40 ценных химических продуктов, а сланцезольные отходы идут на раскисление почв в сельском хозяйстве.

Интереснейшим объектом комплексного использования месторождений в ближайшем будущем будет шахта Ярега Ухтинского нефтяного бассейна. На этом предприятии производится шахтная добыча, так называемой «тяжелой» нефти, заключающаяся в нагнетании по скважинам в пласты нефтеносных песчаников перегретого пара и дренировании потерявшей вязкость нефти через эксплуатационные скважины в подземные горные выработки. Между разрабатываемыми нефтяными залежами находятся некоторые запасы ценных титановых руд. В настоящее время построена и эксплуатируется полупромышленная обогатительная фабрика, на которой отрабатывается технология обогащения руд. Проектируется совместная добыча нефти из песчаников и разработка руд, из которых будут извлекаться титановые концентраты и ряд других полезных компонентов. Следует отметить, что в мировой практике нет опыта разработки рудного месторождения с большим содержанием нефти во вмещающих породах.

Возможности комплексного использования месторождений сильно зависят от эффективности решения вопросов переработки полезных ископаемых. Как уже отмечалось, полнота извлечения полезных ископаемых во многих случаях может быть увеличена при обогащении добываемой горной массы; это в полной мере относится к комплексному использованию минерального сырья. Организация и совершенствование процессов обогащения не только основных, но и сопутствующих полезных компонентов, а также удаления из них вредных примесей — одно из основных условий, определяющих полное комплексное использование месторождений.

Проиллюстрируем изложенное примером из практики комплексного использования месторождения и добытого минерального сырья. На открытом в 1932 г. Ковдорском месторождении с 1954 г. была начата добыча железных руд; месторождение многокомпонентное, кроме магнетита руды содержат апатит, диоксид циркония и другие компоненты; дефицитное фосфатное сырье оставлялось в отвалах. В 1971 г. на месторождении были утверждены запасы сопутствующих апатита и редких металлов, а через четыре года была построена обогатительная фабрика для получения апатитового концентрата и технического диоксида циркония. Высокое содержание в апатите оксида магния и карбоната кальция осложнило переработку концентрата; в последующие годы внедрена и освоена новая технология переработки фосфатов. В ГДР успешно проведены промышленные испытания технологии получения из ковдорских апатитов желтого фосфора. В настоящее время ковдорский апатит не уступает по своему качеству известному хибинскому апатиту. Отметим, что на базе Ковдорского ГОКа в системе Министерства черной металлургии планируется создание первого предприятия с практически безотходной технологией.

Нередко труднопреодолимым препятствием для комплексного использования месторождений полезных ископаемых и минерального

сырья являются межведомственные барьеры. Ведомственный подход к добыче и переработке полезных ископаемых приводит к огромным потерям минерального сырья. Так, например, на рудниках, карьерах ГОКах черной металлургии не уделяется должного внимания «чужим» компонентам, из которых может быть получена продукция, добываемая не предприятиях цветной металлургии или горнохимической отрасли промышленности. В первую очередь и в наибольшей степени это относится к сложным по составу многокомпонентным рудам для добычи и переработки которых необходимо создавать многоотраслевые предприятия.

Для решения этой проблемы Госпланом СССР создана Межведомственная комиссия по комплексному использованию полезных ископаемых. К основным задачам, решаемым этой комиссией, относятся следующие: обеспечение межотраслевой кооперации и координации деятельности различных министерств в направлении использования минеральных ресурсов; разработка рекомендаций по выявлению месторождений полезных ископаемых, подлежащих комплексному освоению; определение министерств, участвующих в создании и освоении межотраслевых горно-промышленных комплексов. Рекомендации комиссии явились основой для утвержденной ГКНТ и Госпланом СССР целевой программы «Обеспечение комплексного использования основных видов минеральных ресурсов». В соответствии с этой программой предусматриваются меры по наиболее полному комплексному освоению многокомпонентных руд, упоминавшихся ранее железорудных месторождений Соколовско-Сарбайского ГОКа, полиметаллических месторождений Солнечного ГОКа, апатитонепелиновых руд Хибинских месторождений и железоapatитовых руд Ковдорского ГОКа.

7.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Сокращение выхода отходов. Основным направлением природоохранной деятельности современного общества является создание малоотходных или, где это достижимо, безотходных технологических процессов.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов» (1981) предусматривается «резкое сокращение отходов и потерь сырья и материалов... более полное использование в производстве попутных продуктов».

Основными отходами производства геологоразведочных работ и разработки месторождений полезных ископаемых являются горные породы, представленные кусковой или мелкодисперсной массой воды и газообразные продукты (табл. 41).

Наибольшую массу твердых отходов представляют вскрышные породы; масса их в несколько раз превышает количество добываемых полезных ископаемых. Однако этот вид отходов во многих случаях представляет собой не что иное, как совместно залегающие полезные ископаемые. Перевод вскрышных пород из отходов горного производ-

Таблица 41

Фазовая характеристика отходов	Геологоразведочные работы	Разработка месторождений		Переработка минерального сырья на смежных производствах
		подземная	открытая	
Твердые	Породы, выдаваемые из подземных горных выработок, буровой шлам	Породы, выдаваемые из горных выработок; минеральная пыль	Вскрышные породы; минеральная пыль	Хвосты, шламы, шлаки, зола
Жидкие	Воды, выдаваемые из подземных горных выработок; промышленные растворы при бурении разведочных скважин	Шахтные воды	Воды, выдаваемые на поверхность при осушении месторождений; карьерные воды	Сточные воды смежных производств и воды, поступающие из хвосто- и шламохранилищ
Газообразные	—	Шахтный воздух; газы, выделяющиеся с поверхности и из породных отвалов	Карьерный воздух; газы, выделяющиеся из породных отвалов	Газовые выбросы смежных производств

ства в полезные ископаемые зависит не только от их минералогического состава, но также от полноты и комплексности разведки месторождений и ряда технологических и организационных факторов. Проиллюстрируем это следующим примером: в толще вскрышных пород месторождений КМА содержится около 200 млн. м³ мела; на карьерах ежегодно добыча мела составляет 15–16 млн. м³, но только на Стойленском месторождении запасы мела утверждены, и он рассматривается в качестве сопутствующего полезного ископаемого.

Во вскрышных породах многих карьеров Орджоникидзевского ГОКа значительную ценность представляют вспучивающиеся глины — сырье для производства легкого заполнителя бетона — керамзита. Запасы керамзитовых глин в Никопольских месторождениях огромны, однако только на двух карьерных полях (Богдановском и Запорожском) выполнены необходимые геологоразведочные работы и установлены балансовые запасы, превышающие 87 млн. м³.

В настоящее время при производстве геологоразведочных и горно-эксплуатационных работ возможности использования безотходной технологии весьма ограничены, среди разведочных работ безотходной технологией характеризуются геофизические методы разведки месторождений; при добыче полезных ископаемых практически безотходная технология обеспечивается при использовании некоторых геотехнологических способов разработки, в частности скважинной добычи серы. Относительно малое количество отходов (буровой шлам и промывоч-

ные растворы) свойственно разведочному бурению, причем дальнейшее сокращение количества отходов достижимо за счет уменьшения диаметра скважин и снижения потерь промывочной жидкости.

Довольно значительное количество породы выдается на поверхность при проведении геологоразведочных выработок; сокращение его может быть обеспечено путем оставления породы в выработках (например, в рассечках) после их геологической документации.

В общем случае сокращение количества горной массы, выдаваемой из геологоразведочных выработок, за счет уменьшения площади поперечного сечения последних, не может быть существенным в связи с тем, что при проходке выработок малого сечения затрудняется механизация проходческих работ и снижается их эффективность. Впрочем, довольно значительное снижение сечения разведочных шурфов достигается при проведении их буровым способом, а также малометражных штолен и рассечек (с площадью сечения до 1,8 м²) при скреперной уборке породы.

При разработке месторождений полезных ископаемых снижение количества выдаваемых на поверхность пустых пород возможно также в результате оставления их в выработанном пространстве в качестве складочного материала.

В процессе проведения горноразведочных выработок количество жидких отходов (выдаваемой на поверхность загрязненной воды) в большинстве случаев незначительно; при разработке месторождений оно, как правило, велико. Сокращение жидких отходов горных предприятий может достигаться как путем снижения интенсивности поступления в выработки сопутствующей, так и уменьшения расхода технологической воды. Для этого в первом случае применяются противифльтрационные завесы на карьерах; во втором — замкнутое водоснабжение дренажных полигонов.

Газообразные отходы при горноразведочных работах, как правило, невелики; на предприятиях горнодобывающей (особенно угольной) промышленности они значительны. По ориентировочным расчетам только при подземной добыче угля на шахтах всего мира ежегодно выделяется 25—28 млрд. м³ метана; довольно большое количество поступает из пород или образуется при производстве взрывных работ и других газов. Все эти газообразные продукты следует относить к отходам горного производства, хотя природные, поступающие в горные выработки газы, по существу, представляют собой полезные ископаемые. Сокращение количества газообразных отходов может обеспечиваться дегазацией пород и совершенствованием технологии взрывной отбойки.

При эксплуатации смежных производств к основным отходам относятся хвосты и шламы, а также сточные воды главным образом обогатительных фабрик.

Проблема использования твердых отходов. Эта проблема исключительно актуальна — в процессе утилизации отходы превращаются в продукцию предприятия, что приводит к повышению эффективности его производственной деятельности, увеличивает полноту использования недр и снижает негативное влияние на природную среду.



Рациональное употребление отходов при проведении геологоразведочных работ ограничено в связи с относительно небольшим количеством этих отходов и нестационарным характером работ. В большинстве случаев наиболее целесообразно породы, выдаваемые на поверхность, применять для засыпки оврагов, болот и т.п., а также для нужд геологоразведочных партий при строительстве, ремонте или улучшении дорог, дамб и других сооружений и для планировки поверхности промплощадок.

Основные направления использования отходов горного производства представлены на схеме 12.

Утилизация вскрышных пород. Объемы вскрышных и выдаваемых из подземных выработок пород на предприятиях цветной металлургии в 1979 г. представлены ниже:

На предприятиях подотрасли	Объем пород, млн. м ³
Медной	79,5
Никель-кобальтовой	51,5
Редкометаллической	22,5
Вольфрамо-молибденовой	16,9
Свинцово-цинковой	11,0
Оловянной	3,3
Сурьмяно-ртутной	3,0
Плавикошпатовой	2,3
Всего по Минцветмету СССР	190,0

В целом же по стране годовая выдача на поверхность горных пород, связанная с разведкой и разработкой полезных ископаемых, приближается к 10 млрд. м³.

Размещение вскрышных пород в выработанном пространстве карьера является наиболее целесообразным для сокращения площадей нарушаемой поверхности, при этом отходы производства становятся своеобразным «заполнителем» полостей, образованных на поверхности горными выработками, облегчающим и повышающим эффективность ее восстановления. Однако нередко вскрышные породы содержат ряд полезных компонентов, поэтому складировать их непосредственно после выемки в отвалы (в том числе и внешние) может быть и нерационально. На угольных карьерах Южного Урала вскрышные породы, содержащие до 20% угля, до складирования подвергаются промывке, в результате которой, например, на разрезах «Челябинск-угля» от вскрышных пород «отмывается» ежегодно около 1 млн. т товарной продукции. Значительная часть вскрышных пород, выдаваемых на земную поверхность, может быть использована как сырье для производства строительных материалов — щебня, песка, извести, кирпича, цемента и др.

Во многих случаях за счет вскрышных пород можно не только повысить обеспеченность народного хозяйства минеральными строительными материалами, но и сократить добычу этих материалов на специализированных карьерах. Однако употребление вскрышных пород в качестве сырья для производства строительных материалов все еще невелико. В табл. 42 приведены данные о переработке скальных пород на щебень горнообогатительными комбинатами Кривбасса.

Таблица 42

Название комбината	Извлечено скальных вскрышных пород, млн. м³	Произведено щебня		Израсходовано на собственные нужды, тыс. м³	Реализовано на сторону, тыс. м³
		тыс. м³	в % к объему вскрыши		
СевГОК	16,0	154,7	1,0	154,7	—
НКГОК	15,5	577,9	3,7	130,2	447,7
ЮГОК	11,6	314,0	2,7	280,0	34,0
ЦГОК	10,9	350,0	3,2	332,8	17,2
	5,6	306,6	5,5	295,6	11,0
Всего	59,6	1703,2	2,8	1193,3	509,9

На карьерах КМА объем вскрыши достигает 80 млн. м³ в год; примерно 15% вскрышных пород этого количества реализуется в различных отраслях народного хозяйства. Представление о количестве и области применения вскрышных пород, подлежащих выемке в контурах Лебединского, Стойленского, Приоскольского и Чернянского месторождений КМА, дано в табл. 43.

Интересны данные НИИКМа и ПО «Центроруда», характеризующие экономическую эффективность производства строительных материалов на основе отходов железорудных предприятий по сравнению со специализированной отраслью (табл. 44).

На Ангренском угольном карьере вскрышные породы представлены

Таблица 43

Породы	Ориентировочные запасы на 1981 г., млн. м ³	Область возможного использования
Мел	911	Производство известняковой муки, извести, цемента, минеральной ваты, технического мела, известкование кислых почв
Пески	894	Строительные работы, производство силикатных стеновых материалов и формовочного песка
Суглинки	246	Производство глиняного кирпича, керамзита и минеральной ваты
Мериль	176	Производство цемента, связующе-флюсовых добавок

Таблица 44

Виды продукции	Объем производства	На отходах железорудных предприятий	В специализированной области		Годовой народно-хозяйственный эффект, млн. руб.	Экономия капитальных вложений, млн. руб.
		удельные капитальные вложения, руб.	удельные капитальные вложения, руб.	себестоимость единицы, в % к железорудной отрасли		
Щебень и песок, м ³	6 430 000	4,06	9,45	130	8,9	34,7
Силикатный кирпич, тыс. шт.	240 000	48,9	56,81	112	0,4	1,9
Известняковая мука, т	5 700 000	9,67	11,12	105	2,0	8,3
Керамические дренажные трубы, км	87 700	383,0	402,0	107	0,4	1,7
Изделия из ячеистого бетона, м	340 000	8,21	15,38	244	1,7	2,4
Глиняный кирпич, тыс. шт.	60 000	118,3	131,4	107	0,1	0,8
Цемент, т	3 000 000	25,65	34,2	133	10,3	25,6
Песок для строительных работ, т	2 300 000	1,82	4,69	110	1,1	6,6

в основном каолином; по существу, это месторождение правильнее было бы считать не угольным, а угольно-каолиновым (запасы каолина в нем определены в 400 млн. т — более 40% всех разведанных запасов в стране). Однако из 6—8 млн. т. ежегодно добываемого каолина используется в качестве минерального сырья не более 5%: в отвалах складировано более 55 млн. т. каолинового сырья. При этом следует помнить, что каолин — ценное сырье, необходимое для бумажной, фармацевтической, парфюмерной и ряда других отраслей промышленности; он содержит значительное количество алюминия и может быть применен для получения глинозема.

В карьерах ГДР в 1981 г. при вскрышных работах было добыто и передано народному хозяйству 4,2 млн. т. песка и гравия для строительства, 2,2 млн. т кварцевого песка для металлургического производства, 42 тыс. т каолина и большое количество глины.

На карьерах Никопольского марганцевого бассейна из ежегодно извлекаемых 170 млн. м³ вскрышных пород (суглинков, песков, глин и известняков) используются только плотные известняки. Из огромного количества накопленных вскрышных пород на Гаурдакском месторождении серы в Туркменской ССР, содержащих известняк, гипс и ангидриты, пока выбирается только 200—300 тыс. т в год дробленого гипса.

Утилизация пород шахтных отвалов и отходов обогащения. Одним из наиболее распространенных видов утилизации пустых пород при подземной разработке месторождений является (без извлечения и с извлечением на поверхность) закладка ими выработанного пространства, а также заполнение провалов, образующихся на подрабатываемых участках земной поверхности.

Использование пород шахтных отвалов в качестве сырья для промышленности осложняется неоднородностью их состава. Впрочем, сланцевые породы шахтных отвалов содержат достаточное количество биологически ценных микроэлементов, поэтому из них можно получать удобрения. За рубежом из углекислых пород шахтных отвалов практикуется выделение концентрата энергетического топлива; в нашей стране эти породы пока не обогащают, однако начаты работы по их газификации и сжиганию.

В горнорудной и россыпной промышленности в связи с изменением кондиций на минеральное сырье или с появлением потребности в новых, ранее не используемых полезных компонентах, породные отвалы становятся нередко объектом разработки. В качестве классического примера может быть приведена добыча значительного количества урана из считавшихся ранее бесполезными породных отвалов золотых приисков Южной Африки.

Методы геомикробиологии, которые в настоящее время начинают применяться для извлечения полезных компонентов из пород, весьма перспективны применительно к разработке отвалов. Так из старых породных отвалов Николаевского рудника в Восточном Казахстане методом микробиологического выщелачивания было извлечено 120 т меди. Установлено, что биогеохимические процессы выщелачивания меди из сульфидов протекают очень интенсивно; изучены процессы микробиологического выщелачивания цинка, марганца, золота, висмута, свинца, урана, сурьмы, лития и германия. Само собой разумеется, что, кроме того, порода отвалов рудников и шахт во многих случаях может использоваться и в качестве строительных материалов или сырья для изготовления различных изделий.

Утилизация твердых отходов смежных производств. Отходы смежных производств, и в первую очередь обогатительных фабрик, находят все более широкое применение в качестве минерального сырья для изготовления удобрений, строительных материалов (различных бетонов, асфальтобетонов, бетонных и керамических изделий, кирпича, а также непосредственно в строительном производстве). На схеме 13 дано представление об использовании отходов угольных и сланцевых обогатительных фабрик.

Приведем пример реализации отходов обогащения руд Верхнеднеп-

ОТХОДЫ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ



ровского горнометаллургического комбината. Руды карьеров этого комбината на 80 % состоят из кварцевого песка, который является основой для формовочной земли в литейном производстве. Обезвоженный кварцевый песок этого комбината направляется в количестве 2 млн. т многочисленным литейным производствам; оказалось экономически выгодным перевозить его даже на КамАЗ. В ближайшие годы комбинат будет поставлять металлургическим предприятиям Украины, Белоруссии и РСФСР ежегодно 12 млн. т песка, в связи с этим будет прекращена эксплуатация многих песчаных карьеров небольшой и средней производительности.

В ГДР большое народнохозяйственное значение придается буроугольной пыли — она является высококачественным топливом (теплотворная способность — 19–22 МДж/кг) и сырьем для различных технологических процессов. Буроугольная пыль улавливается на электростатических установках газоочистки на фабриках брикетирования угля — смежных предприятиях буроугольных карьеров.

Использование сточных вод. Часть сточных шахтных и карьерных вод, идущая на технические нужды горных предприятий, естественно, не относится к отходам горного производства, поэтому жидкими отходами будем считать только ту часть сточных вод, которая выдается за пределы шахтных или карьерных полей. В зависимости от степени загрязнения эти воды могут быть использованы другими потребителями без всякой предварительной обработки или при разбавлении незагрязненной водой с последующей естественной простейшей очисткой. Естественная очистка осуществляется в процессе движения воды по каналам, руслам рек или при аккумуляции

в прудах. В связи с последним напомним пример использования для естественной самоочистки воды в озерах, образованных в котлованах отработанных бурогольных карьеров ГДР (см. раздел 7).

В Донецком бассейне при его относительно ограниченных водных ресурсах применение очищенных сточных вод позволяет ежегодно экономить десятки миллионов кубометров ценных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В частности, шахтными водами орошается более 200 км² земельных угодий. Интереснейшим примером является практика использования сточных вод рудника Миргалимсай Ачисайского полиметаллического комбината (Казахская ССР). Вероятно, это одно из самых многоводных горных предприятий — из горных выработок за каждый час выдается на поверхность до 16 тыс. м³ воды; на водоотлив ежегодно расходуется более 4 млн. руб. Шахтная вода употребляется для технического водоснабжения предприятий истроек, свыше 15 млн. м³ расходуется на полив зеленых зон отдыха, город в пустыне Кентау стал цветущим оазисом; выходя далеко за городскую черту, «шахтная» река несет плодородие садам, виноградникам, бахчам и полям, расположенным в пустовавшей ранее туркестанской степи.

Использование газообразных отходов. Об утилизации этих отходов горных предприятий может идти речь только относительно метановоздушной смеси, капируемой при подземной разработке угольных месторождений; проблема использования других газообразных отходов пока не решается. Суммарное выделение метана в шахтах нашей страны было определено в 1980 г. в 6 млрд. м³/г, при переводе в условное топливо это составляет более 7,3 млн. ТУТ.

Дегазация угольных пластов производится примерно в 200 шахтах страны; прогнозные цифры каптажа метана в шахтах различных бассейнов приведены в табл. 45.

Таблица 45

Год	Каптаж (в млн. м ³) по бассейнам					Итого
	Донецкий	Кузнецкий	Карагандинский	Печерский	Прочие	
1980	850	140	180	190	40	1400
1985	1000	175	190	200	45	1610
1990	1100	200	200	200	50	1750

Дегазация, осуществляемая, как известно, в целях повышения безопасности, интенсивности и экономической рентабельности разработки газоносных углей, увеличивает при утилизации капируемого газа полноту и рациональность использования ресурсов недр.

Отметим, что на ряде шахт концентрация метана в отсасываемых смесях невысока (15—50%), что исключает возможность применения их в качестве бытового топлива. Обогащение метановоздушных смесей за счет добавления к ним природного газа, осуществляемое

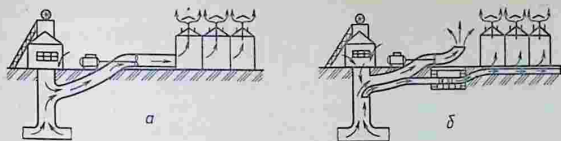


Рис. 58. Технологическая схема использования теплого шахтного воздуха для обогрева теплиц

на газоподготовительных станциях, позволяет употреблять их в качестве топлива в котельных, газовых турбинах и в других тепловых агрегатах. Использование бедных метановоздушных смесей (содержащих менее 2,5% метана)² при подаче их в котлы взамен воздушного дутья обеспечивает снижение расхода основного топлива до 10% на каждый процент содержания метана в дутье. Сейчас ведутся исследования по применению выдаваемого из шахт рудничного воздуха с содержанием метана 0,7% для дутья котлов и сушилок.

В ряде стран, на угольных шахтах которых имеют место значительные метановыделения, — в Польской Народной Республике, ФРГ, и Японии, используется более 80% каптированного газа. В угольных бассейнах СССР каптированный газ идет в основном на нужды шахт (отопление поверхностных сооружений и зданий, газоснабжение шахтных поселков). Например, в котельных 115 шахт Донецкого бассейна утилизируют метан; на шахтах «Макеевуголь» сжигают около 35 млн. м³ метана ежегодно.

В перспективе представляется целесообразным по аналогии с подземной разработкой производить на карьерах дегазацию угольных пластов с утилизацией каптируемого метана, что помимо более комплексного использования недр обеспечит существенное улучшение условий труда и снизит вероятность возникновения карьерных смогов.

Рудничный воздух, выдаваемый по стволам, шурфам и скважинам из подземных выработок шахт, является аккумулятором довольно большого количества теплоты и влаги (так, например, для большинства шахт в Донбассе температура его колеблется в пределах 15–24°C, влажность 95–99% при объеме, проходящем через вентиляционные выработки от 1,5 до 20 млн. м³ в сутки). Предложена технология использования этой теплоты в холодные сезоны года для выращивания овощей и фруктов в теплицах (наиболее благоприятные условия для роста растений обеспечиваются при температуре воздуха 22–26°C). На рис. 58 представлены принципиальные схемы обогрева теплиц выдаваемым из подземных выработок рудничным воздухом. Схема «а» рекомендована при ограниченном подсосе холодного воздуха с поверхности; в схеме «б» попадание подсосываемого с поверхности воздуха в струю рудничного воздуха, направляемого в теплицы, исключается за счет того, что последний забирается ниже сопряжения вентиляционной выработки с каналом вентилятора.

7.7. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Основные положения расчета экономических последствий, вызываемых изменением полноты извлечения из недр полезных ископаемых в процессе их добычи и переработки, изложены в «Типовых методических указаниях по оценке экономических последствий потерь полезных ископаемых при разработке месторождений», утвержденных Госгортехнадзором СССР в 1972 г.

В соответствии с Типовыми указаниями целью расчетов является «повышение эффективности использования недр и улучшение экономических результатов деятельности предприятий и отраслей промышленности по добыче и переработке полезных ископаемых»*.

Экономические последствия потерь подразделяются на народнохозяйственные и хозрасчетные. Народнохозяйственные экономические последствия отражают изменения отраслевых или межотраслевых затрат на производство конечной продукции в связи с изменениями потерь на горном предприятии. Под хозрасчетными экономическими последствиями потерь понимается изменение размеров прибыли на горном предприятии, приходящейся на единицу погашаемых балансовых запасов.

Применительно к курсу «Охрана окружающей среды» в большей мере представляют интерес расчеты народнохозяйственных экономических последствий потерь. Принцип расчета их основывается на определении разницы между размером ущерба от оставления некоторой части запасов в недрах ($У$) и получаемым (при данных потерях) «возмещением» за извлеченную часть запасов ($В$). При этом под «возмещением» подразумевается снижение (при допущенных потерях) затрат на добычу, уменьшение разубоживания и зависящих от него расходов на транспортировку и переработку. Ущерб потерь (в руб.) определяется следующим образом:

$$У = Б(K_1 - K_2)ц, \quad (7.8)$$

где $Б$ — погашаемые балансовые запасы, т; K_1 и K_2 — коэффициенты извлечения запасов при разных уровнях потерь; $ц$ — ценность 1 т недоизвлеченных запасов, руб. Возмещение за извлеченную часть запасов (в руб.):

$$В = БK_2в, \quad (7.9)$$

где $в$ — размер получаемого возмещения на 1 т при повышенном уровне потерь, руб. Отсюда экономические последствия потерь равны:

$$Э_n = Б[(K_1 - K_2)ц - K_2в]. \quad (7.10)$$

* Сборник руководящих материалов по охране недр. — М.: Недра, 1973, с. 87.

Ценность 1 т недоизвлеченных запасов (в руб.) при установлении народнохозяйственных экономических последствий и при наличии утвержденных для отрасли замыкающих затрат Z определяется по выражению:

$$ц = Ц_6 - C_6,$$

где $Ц_6$ — валовая стоимость 1 т балансовых запасов, руб.; C_6 — суммарные приведенные затраты на разведку, добычу, транспортировку и переработку 1 т полезного ископаемого с балансовым содержанием, руб. Для однокомпонентных полезных ископаемых $Ц_6 = 0,01CZ$, для многокомпонентных $Ц_6 = 0,01C_1Z_1 + 0,01C_2Z_2 + \dots + 0,01C_nZ_n$, где C — содержание полезного компонента в балансовых запасах, % (усл. %).

Для угольных, строительных и других нерудных полезных ископаемых $Ц_6$ принимается равным Z . Если для отрасли не установлено замыкающих затрат, то «ц» приравнивается к разности затрат между ценностью получаемой из балансовых запасов конечной продукции и суммарными затратами на разведку, добычу, транспортировку и переработку полезного ископаемого с балансовым содержанием.

При длительности разработки месторождения, превышающей три года, в выражение для расчета экономических последствий вводится фактор времени — коэффициент M , величина которого, исходя из норматива для приведения разновременных затрат, меняется для сроков погашения от 3 до 25 лет в пределах 0,83—0,43.

Для определения экономической эффективности комплексного использования месторождений и минерального сырья целесообразно разделить месторождения на две группы. К первой отнесем месторождения с многокомпонентным полезным ископаемым, ко второй — месторождения с двумя или несколькими совместно залегающими однокомпонентными или многокомпонентными полезными ископаемыми.

Переход к комплексному использованию минеральных ресурсов месторождений первой группы обычно не требует принципиальных изменений в технологии горных работ и сводится в основном к усложнению технологии переработки минерального сырья для извлечения различных компонентов. Комплексное использование минеральных ресурсов месторождений второй группы связано с усложнениями не только технологии переработки, но и технологии добычи минерального сырья. Все это, естественно, влияет на экономическую эффективность комплексного использования минеральных ресурсов.

Общая экономическая эффективность комплексного использования минеральных ресурсов месторождений «Э_к» (в руб.) может быть определена по следующему выражению:

$$Э_k = BK(Ц - C' - C'') + \sum B_c K_c (Ц_c - C'_c - C''_c), \quad (7.11)$$

где B и B_c — соответственно балансовые запасы основного и сопутствующего полезных ископаемых, т.; K и K_c — коэффициенты извлечения запасов основного и сопутствующего полезных ископаемых; $Ц$ и $Ц_c$ — ценность 1 т основного и сопутствующего полезных

ископаемых, руб.; C' и C'_c — затраты на добычу 1 т основного и сопутствующего полезных ископаемых, руб.; $C''_n - C''_c$ — затраты на переработку основного и сопутствующего полезных ископаемых, руб.

Комплексное использование месторождений с многокомпонентным полезным ископаемым (преимущественно руд цветных и черных металлов) в оптимальном случае может обеспечиваться без изменения затрат на добычу; затраты на переработку минерального сырья возрастают в связи с необходимостью извлечения кроме основного сопутствующих компонентов. При этом экономическая эффективность комплексного использования минеральных ресурсов месторождения (в руб.) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_k = BK(\Pi_k - C' - C''_c), \quad (7.12)$$

где Π_k — ценность 1 т многокомпонентного полезного ископаемого, руб., C''_c — затраты на переработку 1 т многокомпонентного полезного ископаемого, руб. При изменении затрат на добычу (например, в связи с селективной выемкой) слагаемое C' соответственно увеличивается.

Экономическая эффективность комплексного использования месторождений, относящихся ко второй группе (месторождения с двумя или несколькими совместно залегающими полезными ископаемыми), определяется по формуле 7.11. Исключение составляют расчеты экономической эффективности комплексного использования месторождений, в которых выемка основного полезного ископаемого может быть осуществлена только после выемки сопутствующего полезного ископаемого. При этом расходы на добычу сопутствующего полезного ископаемого включают в затраты на добычу основного полезного ископаемого. Иллюстрацией к изложенному может быть открытая разработка месторождения, вскрышные породы которого считаются балансовыми запасами сопутствующего полезного ископаемого (например, упоминавшееся выше Стойленское месторождение на КМА). При этом экономическая эффективность комплексного использования минеральных ресурсов (в руб.) может определяться по выражению:

$$\mathcal{E}_k = BK(\Pi - C' - C'') + B_c K_c (\Pi_c - C''_c). \quad (7.13)$$

Отметим, что при реализации сопутствующего полезного ископаемого стоимость (в рассматриваемом случае) вскрышных работ целесообразно относить к затратам на его добычу.

Переходя к вопросу оценки экономической эффективности использования отходов горных предприятий, условимся, что в настоящее время можно говорить о рентабельности утилизации горных пород, продуктов переработки (главным образом обогащение) полезных ископаемых, шахтных и карьерных вод и метана. Количество этих отходов не только возможно, но и целесообразно определять по удельному выходу их за единицу добычи. При этом количество отходов взаимосвязывается с балансовыми запасами полезных ископаемых. Конечно, эти взаимосвязи зависят от целого ряда различных факторов, к основным из которых в первую очередь относятся геоло-

гические особенности месторождения, способ и технология его разработки. Поэтому удельный выход отходов должен определяться для каждого конкретного месторождения, что, впрочем, возможно осуществлять на основе данных геологоразведочных работ в процессе проектирования горного предприятия. Исходя из этого принципа, расчет экономической эффективности использования отходов горного предприятия «Э_о» (в руб.) можно производить по формуле:

$$\mathcal{E}_o = BK[(U_n\Pi_n - C''_n) + (U_x\Pi_x - C''_x) + (U_v\Pi_v - C''_v) + U_m\Pi_m], \quad (7.14)$$

где U_n — удельный выход породы, м³/т; Π_n — ценность 1 м³ переработанной породы, руб.; C''_n — затраты на переработку 1 м³ породы, руб.; U_x — удельный выход хвостов обогащения, м³/т; Π_x — ценность 1 м³ переработанных хвостов, руб.; C''_x — затраты на переработку (в частности, высушивание) 1 м³ хвостов, руб.; U_v — удельный выход сточных вод, м³/т; Π_v — ценность 1 м³ воды после переработки, руб.; C''_v — затраты на переработку (в частности, очистку и нейтрализацию) 1 м³ воды, руб.; U_m — удельный выход каптированного метана, м³/т; Π_m — ценность 1 м³ метановоздушной смеси, руб.

При расчете по приведенной формуле предполагается, что обеспечивается безотходная (точнее, малоотходная при наличии второстепенных видов пылегазовых отходов) технология добычи и переработки минерального сырья; если же тот или иной вид отходов используется только частично, то это учитывается коэффициентами, отражающими степень полноты утилизации того или иного отхода.

Дополнительный экономический эффект достигается и может быть подсчитан при снижении разубоживания, увеличении комплексности использования минеральных ресурсов и утилизации отходов горного производства за счет уменьшения площадей земной поверхности, отводимых под отвалы пород, некондиционных полезных ископаемых, хвостов обогатительных фабрик и других продуктов переработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение, анализ и объективная оценка практического опыта, накопление знаний, выполнение комплекса научных исследований и совершенствование на этой основе технологии производственных процессов, направленное на охрану, восстановление и улучшение природных ресурсов при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, является актуальнейшей проблемой.

Основные негативные последствия геологоразведочных и горно-эксплуатационных работ, сводящиеся к локальным изменениям в атмосферном воздухе, водной среде и земной поверхности, сгруппированы по видам работ в табл. 46.

Естественно, что недра, являющиеся объектом исследования и использования при разведке и разработке месторождений, претерпевают в процессе этих работ существенные изменения: уменьшаются запасы полезных ископаемых; в земной коре образуются полости;

Влияние геологоразведочных и горноэксплуатационных работ на природную среду

Виды работ	Основные последствия производства работ	Земная поверхность
	Атмосферный воздух	Водная среда
Разведка меторождений полезных ископаемых	Загрязнение выхлопными газами двигателей транспортных, технологических и энергетических машин Загрязнение воздухом, выдаваемым из подземных горных выработок Газо-пылевое загрязнение при взрывах, производимых в открытых горных выработках и при строительстве дорог и промышленных площадок Загрязнение минеральной пылью при ветровой эрозии отвалов и поверхностей открытых горных выработок	Загрязнение промывочной жидкостью при бурении разведочных скважин Загрязнение при некачественном ликвидационном тампонаже разведочных скважин Загрязнение водами, выдаваемыми из подземных горных выработок Загрязнение при волной эрозии отвалов
Строительство горных предприятий	Загрязнение выхлопными газами двигателей технологических, энергетических и транспортных машин Газо-пылевое загрязнение при взрывах, осуществляемых на поверхности Загрязнение воздухом, выдаваемым из подземных выработок	Нарушение почвенно-растительного покрова при планировочных дорожных и строительных работах на поверхности Нарушение поверхности при проведении открытых горных выработок Нарушение при размещении отвалов

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых	Загрязнение минеральной пылью при планировочных и дорожных работах, перемещении горных пород и ветровой эрозии отвалов	Загрязнение воздухом, выделяемым из подземных выработок Загрязнение газами, выделяемыми в атмосферу с земной поверхности и отвалов Загрязнение минеральной пылью при ветровой эрозии отвалов		Деформация поверхности подрабатываемых площадей Нарушение при размещении отвалов
Открытая разработка месторождений полезных ископаемых	Газо-пылевое загрязнение при массовых взрывах Загрязнение газами, выделяемыми из массива пород и полезных ископаемых Загрязнение выхлопными газами двигателей, транспортных, технологических и энергетических машин Загрязнение минеральной пылью при машинной отбойке, дроблении, погрузо-разгрузочных и транспортных операциях, бурении скважин, при ветровой эрозии отвалов и бортов карьеров	Изменение водного режима при осушении, водоотливе и затоплении Загрязнение карьерными водами Загрязнение при водной эрозии отвалов		Нарушение почвенно-растительного покрова Нарушение поверхности горными выработками Нарушение при размещении отвалов
Переработка минерального сырья на смежных производствах	Газопылевые выбросы при дроблении и переработке сырья Загрязнение при ветровой эрозии хвостохранилищ и отвалов	Загрязнение сточными водами смежных производств Загрязнение фильтрующимися водами хвостохранилищ		Нарушение при размещении хвостохранилищ и отвалов

меняется состояние и расположение пород, и они «загрязняются». Однако при выборе структуры таблицы было учтено, что процесс «истощения» земных недр до настоящего времени не рассматривается во взаимосвязи с состоянием окружающей среды, а последствия изменений состояния и загрязнения породных массивов в экологическом отношении в наибольшей мере проявляются в изменениях земной поверхности, гидросферы и атмосферы (деформация ландшафтов, изменение водных режимов, загрязнение воды и воздуха).

Снижение значимости или полное устранение перечисленных в таблице негативных последствий — одно из направлений охраны окружающей среды; другое, не менее важное направление, включает комплекс мероприятий, объединяемых емким понятием «рациональное использование недр». Поэтому уменьшение вредного влияния на окружающую среду разведки и разработки месторождений должно базироваться не только на «экологизации» производственных процессов, но и на внедрении малоотходных и безотходных технологий.

Основной принцип малоотходной технологии может быть сформулирован следующим образом: **извлекать из недр как можно меньше лишнего и наиболее полно использовать это лишнее в качестве побочной продукции производства или сырья для ее изготовления.**

Реализация комплекса мероприятий по малоотходной технологии при разведке месторождений полезных ископаемых часто затруднена нестандартным характером работ и разобщенностью объектов.

Для шахтостроителей основной задачей следует считать создание условий для решения проблемы после ввода в эксплуатацию сооружаемого предприятия.

Внедрение малоотходной технологии в процессе подземной и открытой разработки месторождений является **одним из главных показателей рационального природопользования.**

В ГДР 1976 г. было проведено совещание стран — членов СЭВ, на котором обсуждались проблемы создания безотходного производства в промышленности, спустя три года в Женеве по предложению Советского Союза была принята Международная декларация о развитии и внедрении во всех отраслях промышленности **принципов безотходной технологии.** Безотходная технология геологоразведочных работ в настоящее время реализуется при геофизических методах разведки; в горной промышленности к безотходной технологии приближаются геотехнологические методы разработки месторождений.

В связи с дальнейшим развитием масштабов и интенсивности геологоразведочных и горноэксплуатационных работ при усложняющихся геологических условиях их производства и с введением в технологию более мощной и производительной техники влияние на природную среду деятельности геологоразведчиков и горняков будет увеличиваться.

Значение и сложность проблемы защиты природной среды будет несоизмеримо возрастать, и сегодняшним студентам на основе устойчивого природоохранного мировоззрения и комплекса полученных в институте знаний придется решать эту проблему в процессе будущей инженерной деятельности.

В приложении приведены основные характеристики и область применения наиболее часто используемой техники на работах по горнотехнической рекультивации.

Т а б л и ц а II.1

Экскаваторы

Название оборудования	Мощность,		Емкость ковша, м³	Максимальный радиус, м		Масса, т	Область применения на основных работах горнотехнической рекультивации
	кВт	л.с.		черпания	разгрузки		
Экскаватор ЭШ-10/60	860	—	10	58	57	540	Планировка отвалов; выполаживание откосов; разработка и укладка пород почвенного слоя
Экскаватор ЭШ-5/45М	500	—	6,5	44—46,5	40,5—44,5	285	Планировка поверхности отвалов; выполаживание откосов
Экскаватор ЭКТ-4,6Б	250	—	4,6	14,4	12,6	195,4	Селективная разработка и погрузка пород почвенного слоя
Экскаватор Э-2005	160	—	2,25	12,0	10,6	87,6	Планировка отвалов; разработка, складирование и погрузка пород почвенного слоя
Универсальный экскаватор ЭО-6112Б*: прямая лопата обратная лопата драглайн	—	130 } 108	1,25 1,4 1,5	9,1 11,6 14,3	8,3 9,3 12,4	42 } 35	Разработка и погрузка пород почвенного слоя; планировка отвалов
Универсальный экскаватор Э-10011Д*: прямая лопата обратная лопата драглайн			1 1 1	9,2 10,5 13,5—16	8,3 7,8 12,2—14,4	35 }	Разработка и погрузка пород почвенного слоя; планировка отвалов
Универсальный экскаватор Э-652Б: прямая лопата обратная лопата драглайн			0,65 0,62 0,8	7,8 9,2 14,3	7,1 5,5 12,5	21,2 }	Разработка и погрузка пород почвенного слоя; планировка отвалов; проходка осушительных каналов

Продолжение табл. II.1

Название оборудования	Мощность,		Емкость ковша, м³	Максимальный радиус, м		Масса, т	Область применения на основных работах горнотехнической рекультивации
	кВт	л.с.		черпания	разгрузки		
Универсальный экскаватор Э-304В* обратная лопата драглайн	—	50	0,4 0,4	7,8 7,8	6,8 10	13,7 13,7 11,7	Различные земляные работы на грунтах со слабой несущей способностью; рытье канав и котлованов
Универсальный экскаватор на пневмоколесном ходу Э-302Б* прямая лопата обратная лопата драглайн	—	50 50	0,4 0,4 0,4	5,9 7,8 7,6	5,4 5,6 10	11,7	Различные земляные работы в породах почвенного слоя; рытье канав и котлованов
Экскаватор-планировщик ЭО-2131А**	—	50	0,25—0,4 0,4	6,8—7,1	6,1—6,2	8,8	Земляные планировочные и погрузочные работы
Универсальный экскаватор ЭО-2621** прямая лопата обратная лопата	—	50 75	0,25 0,25	4,7 5		5,7 13,1	Различные земельные работы малого объема Рытье траншей глубиной до 1,6 м, шириной 0,6 м в грунтах
Траншейный роторный экскаватор ЭТР-161	—	180				25,6	Рытье траншей глубиной до 1,3 м, шириной 0,23 м в грунтах с каменистыми включениями
Траншейный роторный полуприцепной экскаватор ЭТР-132А	—	54					Рытье траншей глубиной до 3,5 м, шириной 0,8 м в грунтах, содержащих каменистые включения
Траншейный многоковшовый экскаватор ЭТУ-354А	—	50				10,2	Прокладка закрытого дренажа в породах почвенного слоя
Экскаватор-дреноукладчик ЭТЦ-163	—						

* Универсальные экскаваторы могут использоваться как краны и грейферы.

** Универсальные экскаваторы могут использоваться как краны, погрузчики и бульдозеры.

Бульдозеры

Название оборудования	Базовый трактор	Мощность, л.с.	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Область применения на работах по горнотехнической рекультивации
Бульдозер ДЗ-34с с рыхлителем ДП-9с	ДЭТ-250М	300	$8655 \times 4540 \times 3180$	38350	Рыхление и планировка поверхности отвалов, разработка и перемещение пород почвенного слоя
Бульдозер Д-572	ДЭТ-250М	300	$6236 \times 3220 \times 3180$	26785	Формирование откосов, выравнивание верхней поверхности отвалов.
Бульдозеры с неповоротным отвалом ДЗ-24А	Т-180Г	180	$6600 \times 3690 \times 2825$	18620	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, планировка поверхности отвалов, выравнивание почвенного слоя, рытье траншей, строительство дорог.
Бульдозер с неповоротным отвалом ДЗ-35с	Т-180Г	180	$6590 \times 3640 \times 2825$	19610	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, планировка поверхности отвалов, рытье траншей, строительство дорог.
Бульдозер Д-522	Т-180ГП	180	$7000 \times 4400 \times 2825$	19320	Земляные и планировочные работы.
Бульдозер ДЗ-35с с рыхлителем ДП-22с	Т-180Г или Т-180КС	180	$8350 \times 3640 \times 2825$	22710	Рыхление и планировка поверхности отвалов, перемещение пород почвенного слоя.
Бульдозер с неповоротным отвалом ДЗ-27С	Т-130.1; Г-1	160	$5400 \times 3200 \times 3065$	16460	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, планировка поверхности отвалов, разработка терриконов.
Бульдозеры ДЗ-28 с неповоротным отвалом	Т-130.1; Г-1	160	$5760 \times 3240 \times 3065$	16550	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, планировка отвалов, разборка терриконов, засыпка траншей.
Бульдозерно-рыхлительный агрегат ДЗ-90С	Т-130.1; Г-1	160	$6080 \times 3200 \times 3065$	17900	Рыхление и планировка поверхности отвалов, выравнивание поверхности нарушенных земель.
Бульдозерно-рыхлительный агрегат ДП-15	Т-100М ЗГП	108	$5840 \times 3030 \times 3059$	15100	Рыхление и планировка поверхности отвалов и поверхности нарушенных земель.
Бульдозер с неповоротным отвалом ДЗ-53	Т-10М	108	$5300 \times 3200 \times 3040$	14020	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, выравнивание и планировка поверхности отвалов, разборка терриконов.
Бульдозерно-рыхлительный агрегат ДП-14	Т-100 МЗГП	108	$6350 \times 3940 \times 3059$	15100	Рыхление и планировка отвалов, разработка и перемещение пород почвенного слоя.
Бульдозер-карьеро-разравниватель Д-694	Т-100М БГ II	108	$7020 \times 4000 \times 2475$	18720	Осушение заболоченных земель, разработка и перемещение пород почвенного слоя.

Название оборудования	Базовый трактор	Мощность, л.с.	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Область применения на работах по горнотехнической рекультивации
Бульдозер Д-492А	Т-100МЗ	108	6300 × 3940 × 3050	14000	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, формирование откосов, дорожное и гидротехническое строительство
Бульдозер-кавалеро-разравниватель Д-607	ДТ-75Б	75	5100 × 3490 × 2350	5300	Планировочные и дренажные работы, разработка и перемещение малосвязных пород почвенного слоя, трассирование откосов.
Террасер-рыхлитель ТР-2А	ДТ-75	75	5400 × 2350 × 2300	800	Формирование террас на откосах карьеров, отвалов и терриконов.
Террасер секционный ТС-2,5	ДТ-75	75	6400 × 2700 × 2300	710	Формирование террас на откосах терриконов, отвалов и карьеров.
Бульдозер с неповоротным отвалом ДЗ-29	Т-74С-2	75	4510 × 2560 × 2325	6730	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, планировка нарушенной земной поверхности, засыпка канав при относительно небольших объемах работ.
Навесной погрузчик бульдозер ПБ-35	ДТ-75	75	4685 × 2500 × 2300	1250	Разработка и перемещение пород почвенного слоя, формирование буртов песка, гравия и других сыпучих материалов, планировка поверхности
Бульдозер ДЗ-37	МТЗ-52	55	4580 × 2100 × 2485	3600	Засыпка канав, ям и другие земляные работы не больших объемов

Автомобили

Название оборудования	Полезный перевозимый груз, кг	Внутренние размеры платформы (по основным бортам)		Габаритные размеры, мм	Масса в снаряженном состоянии, кг	Область применения при горнотехнической рекультикации
		линейные, мм	объем, м³			
Автомобиль БелАЗ-540А	27000		15,3	7250 × 3480 × 3580	21000	Транспортировка грунтов, песка, известняков, удобрений
Грузовой бортовой автомобиль КраЗ-257	12000	5770 × 2480 × 824	11,8	9660 × 2650 × 2620	11130	Перевозка средств механизации, хозяйственных и технологических грузов
Автомобиль-самосвал КраЗ-256Б	11000	4440 × 2430 × 650	6—8	8100 × 2640 × 2792	11400	Основной технологический транспорт
Автомобиль-самосвал МАЗ-503А	8000	3280 × 2284 × 670	5,1	5785 × 2600 × 2700	7100	Один из основных видов технологического транспорта
Автомобиль-самосвал ЗИЛ-ММЗ-555	4500	2660 × 2275 × 655	3	5475 × 2420 × 2500	4500	Один из основных видов технологического транспорта
Автомобиль-самосвал ЗИЛ-ММЗ-554	4000	3340 × 2300 × 250	5	6340 × 2500 × 2350	5135	Один из основных видов технологического транспорта
Грузовой бортовой автомобиль повышенной проходимости ЗИЛ-131	3500	3600 × 2322 × 346	2,9	6900 × 2500 × 2975	6440	Перевозка технологических и хозяйственных грузов.
Автомобиль-самосвал САЗ-3502	3200	2860 × 2260 × 585	3,8	5810 × 2470 × 2410	4300	Технологические перевозки.

Таблица II.4

Тракторы

Название оборудования	Мощность, л.с.	Рабочая скорость, км/ч	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Область применения на работах горнотехнической регуляции при агрегатировании с различными машинами
Дизель-электрический гусеничный трактор ДЭТ-250М	300	2,3—12,5	6236 × 3220 × 3180	25000	Тяжелые землеройные и транспортные работы
Колесный трактор К-700	300	2,9—24,3	7400 × 2880 × 3550	12500	Землеройные, мелиоративные и транспортные работы
Колесный трактор Т-150К	165	1,8—30,1	5795 × 2400 × 3195	7535	Землеройные, мелиоративные и транспортные работы
Гусеничный трактор Т-130	160	3,6—12,5	5193 × 2475 × 3085	14320	Землеройные, мелиоративные и сельскохозяйственные работы
Гусеничный болотоходный трактор Т-130Б	140	3,2—10,5	4728 × 3202 × 3067	13945	Мелиоративные, землеройные и дорожные работы
Гусеничный трактор ДТ-75М	90	0,3—11,2	4372 × 1740 × 2333	6110	Дорожно-строительные, мелиоративные и сельскохозяйственные работы
Гусеничный трактор болотоходный ДТ-75Б	80	0,3—11,8	4319 × 2240 × 2334	7160	Мелиоративные, землеройные и дорожные работы
Гусеничный крутосклонный трактор ДТ-75К	80	3,3—11,5	5020 × 2517 × 2573	8040	Землеройные, мелиоративные и дорожные работы на горных склонах
Колесный универсальный трактор МТЗ-50	55	1,5—25,9	3815 × 1970 × 2485	2750	Мелиоративные, сельскохозяйственные и транспортные работы
Гусеничный трактор ТТ-4	110	3,3—8,2	5000 × 2260 × 2520	8050	Лесохозяйственные, дорожно-строительные и транспортные работы
Гусеничный трактор ЛХТ-55	62	2,5—11	5975 × 2240 × 2520	9500	Лесохозяйственные и дорожные работы

Автомобильные и тракторные прицепы

Оборудование	Полезный перевозимый груз	Размеры кузова (площадь), мм(м²)	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Основные перевозимые грузы
Трехосный прицеп-тягеловоз 4МЗАП-5533 Двухосный прицеп МА3-5243	20250	<i>Автомобильные прицепы</i> 6430 × 3000 4940 × 2320 × 610	12950 × 3000 × 2085	97506	Технологические машины; крупногабаритные грузы Оборудование и другие тяжеловесные грузы
	6800		7080 × 2500 × 2050	3200	
Трехосный самосвальный прицеп ММЗ-768Б Двухосный самосвальный прицеп МЗ-771Б Полуприцеп-цистерна С-927	12000	<i>Тракторные прицепы</i> 3650 × 2340 × 700 3650 × 2340 × 700 7,5 м³	3860 × 2500 × 2100	18200	Грунты и породы
	9000		7460 × 2500 × 2800	4850	То же
	8000		9000 × 2350 × 2900	8640	Известь, гипс и другие порошковые материалы
	7600		10550 × 2200 × 1850	4975	Камни, щебень
Двухосный прицеп 2ПОТ-8 Двухосный прицеп 2ПТС-6 Прицеп для перевозки камней ПВК-5,0 Двухосный прицеп 2ПТС-4М-785А	6000	4,5 м³	4990 × 2260 × 1750	1880	Щебень, песок, глина
	6000	4,6 м³	6730 × 2520 × 1430	2950	Камни и другие штучные грузы
	4000	3710 × 2000 × 415	5305 × 2240 × 1650	1530	Грунты, удобрения и другие грузы

Таблица II.6

Скреперы колесные

Название оборудования	Мощность тяги, л.с.	Емкость ковша, м³	Параметры резания, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Область применения на основных работах горнотехнической рекультивации
			ширина	глубина			
Самоходный скрепер ДЗ-67	850	25	3650	400	16370 × 4650 × 4275	64000	Разработка, транспортировка и размещение пород почвенного слоя, дорожные и гидротехнические работы.
Самоходный скрепер ДЗ-13	360	15	2926	350	12800 × 3400 × 3600	34000	Разработка, транспортировка и размещение пород почвенного слоя, дорожные и гидротехнические работы
Скрепер Д-511	300	15	2850	350	10300 × 3245 × 3300	18800	Разработка, транспортировка и размещение пород почвенного слоя; дорожные и гидротехнические работы
Скрепер Д-374Б	Базовый трактор Т-100	8	2675	320	8550 × 3100 × 3100	6700	Земляные и планировочные работы; перемещение пород почвенного слоя
Прицепной скрепер ДЗ-20	Базовый трактор Т-100 МЗС	7	2620	300	8785 × 3138 × 2526	7000	Земляные, планировочные и дорожные работы
Прицепной скрепер Д-541А	Базовый трактор ДТ-75	3	1900	150	5507 × 2394 × 24100	2385	Земляные и планировочные работы

Таблица II.7

Грейдеры

Название оборудования	Мощность, л.с.	Параметры отвала, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Рекомендуется для выполнения основных работ горнотехнической рекультивации
		длина	высота			
Автогрейдер ДЗ-98	250	3700	700	10 300 × 2800 × 3570	19500	Снятие и перемещение на коротких расстояниях пород плодородного слоя; планировочные и дорожные работы
Автогрейдеры Д-395А	165	3700	700	10 000 × 2710 × 3400	18170	Планировочные и дорожные работы
Автогрейдер ДЗ-31-1	130	3700	600	9260 × 2650 × 3475	13100	То же
Автогрейдер ДЗ-99-1-4	90	3040	500	8650 × 2300 × 2985	9850	»
Средний прицепной грейдер Д-241А	Базовый трактор ДТ-75	3057	500	6624 × 2430 × 2110	2960	Планировочные и дорожные работы, террасирование откосов отвалов
Навесной грейдер-планировщик ГН-4,0	Базовый трактор ДТ-75	3000	486	2660 × 4110 × 2110	894	Планировочные работы
Полуприцепной грейдер-элеватор ДЗ-501	Базовый трактор К-700, мощность двигателя рабочего оборудования 75	—	—	6280 × 9600 × 4250	8200	Снятие верхнего плодородного слоя с одновременной погрузкой в транспортные средства
Полуприцепной грейдер-элеватор Д-437АК	Базовый трактор К-709, мощность двигателя рабочего оборудования 75	—	—	6195 × 3930 × 3000	8760	То же

ЛИТЕРАТУРА

- Агашков М. И.* Оптимальные пути развития геологоразведочных работ и интенсификации промышленного освоения месторождений полезных ископаемых: Доклад на XI Всемирном горном конгрессе. Белград, 1982.
- Брылов С. А., Куров Н. Ф., Сергеев В. С.* Охрана природы при разведке и разработке полезных ископаемых. — М.: МГРИ, 1977.
- Витт М. Б.* Экономические проблемы рекультивации земель. — М.: Стройиздат, 1980.
- Горлов В. Д.* Рекультивация земель на карьерах. — М.: Недра, 1981.
- Животовский А. А., Афанасьев В. Д.* Защита от вибрации и шума на предприятиях горнорудной промышленности. — М.: Недра, 1982.
- Зубченко Г. В., Сулин Г. А.* Рациональное использование водных ресурсов при разработке россыпей. — М.: Недра, 1980.
- Колбасин А. А., Середа Г. Л., Тартаковский Б. Н.* и др. Рациональная разработка недр и охрана природы на карьерах. — М.: Недра, 1983.
- Машины для рекультивации нарушенных земель: Номенклатурный справочник / Надрьшин Г. К., Гудошников С. И., Новиков А. В. и др. — М.: ЦНИЭИ, 1977.
- Меркулов В. А.* Охрана природы на угольных шахтах. — М.: Недра, 1981.
- Мироненко В. А., Румынин В. Г., Учаев В. К.* Охрана подземных вод в горнодобывающих районах. — Л.: Недра, 1980.
- Михайлов А. М.* Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом. — М.: Недра, 1981.
- Михайлов В. А., Берсеневиц П. В., Борисов В. Г.* и др. Борьба с пылью в рудных карьерах. — М.: Недра, 1981.
- Мосинец В. Н., Шестаков В. А., Авдеев О. К.* и др. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников. — М.: Недра, 1981.
- Михайлов В. А., Берсеневиц П. В., Борисов В. Г.* и др. Борьба с пылью в рудных карьерах. — М.: Недра, 1981.
- Мосинец В. Н., Шестаков В. А., Авдеев О. К.* и др. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников. — М.: Недра, 1981.
- Моторина Л. В., Овчинников В. А.* Промышленность и рекультивация земель. — М.: Мысль, 1975.
- Назаров В. В., Чикин Ю. М., Личаев В. Р.* и др. Водоснабжение и очистка сточных вод при разработке россыпных месторождений. — М.: Недра, 1975.
- Небера В. П., Каминский В. С., Алябян И. М.* Защита окружающей среды при обогащении полезных ископаемых. — М.: ВИНТИ, 1977.
- Некрасов Н. Н., Матеев Е. М.* Социалистическое природопользование. — М.: Партиздат, 1980.
- Полищук А. К., Михайлов А. М., Зацдальский Н. И.* и др. Техника и технология рекультивации на открытых разработках. — М.: Недра, 1977.
- Ржевский В. В.* Комплексное использование пород при производстве горных работ — главный фактор охраны богатств недр и окружающей среды: Доклад на XI Всемирном горном конгрессе. Белград, 1982.
- Розатин Н. Н., Сенаторов Н. П.* Противодиффузионные завесы на карьерах. — М.: Недра, 1979.
- Русский И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах. — М.: Недра, 1979.
- Сапицкий К. Ф., Ильенко С. М., Худек М.* и др. Охрана природы в Донецком и Верхнесилезском угольных бассейнах. — М.: Недра, 1979.
- Шорохов С. М., Зуйков А. А., Зубченко Г. В.* и др. Предохранение рек от загрязнения при разработке россыпных месторождений. — М.: Недра, 1980.
- Эскин В. С.* Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. — М.: Недра, 1975.
- Сборник руководящих материалов по охране недр. — М.: Недра, 1979.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абсорбционные газоанализаторы 80
Акустический климат 84
Алармизм 8
Альbedo Земли 44
Анализ бактериологического состава воды 139
Анализ физических свойств воды 136
Анализ химического состава воды 138
Антропогенный ландшафт 146
Антропогенные месторождения 16
Антропогенный фактор 12
Аспекты охраны окружающей среды 5
Аудиология 84

Бактериологический анализ сточных вод 139
Барражи 131
Батометр 135
Биогенная миграция атомов 11
Биологическая рекультивация 178
Биологические ресурсы 13
Биологические характеристики почв 212
Биосфера 11
Биохимическая очистка вод 111
«Белые биосферы» 11

Вибрация 91
Водные характеристики пород 24
Водоемкие отрасли промышленности 103
Возобновимые ресурсы 14
Вредные физические воздействия на атмосферу 56
Восстановление подработанной поверхности 199
«Вторичная» атмосфера 43
Вторичное загрязнение атмосферы 54
Выбросы в атмосферу 51
Высота отвалов 175
Выполаживание откосов стволов 176

Газовые компоненты атмосферы 41
Гидронамы 197
Гидроударные волны 116
Глобальное влияние загрязнения атмосферы 48
Горнотехническая рекультивация 178
Групповые отвалы 204

Дампина 108
Децибел дБ 85
Децибел А дБА 86

Естественное возобновление водных ресурсов 100
«Живое вещество» 11
Задачи и функции управления землепользованием 22
Затраты на выполаживание откосов 192
Звуковое давление 85
«Звуковой ландшафт» 84
Изменение водных режимов 120
Изменение ландшафтов местности 154
Инверсия 77
Инженерно-строительная оценка пород 214
Интенсивность шума 85
Искусственные экосистемы 12
Использование вскрышных пород 243
Использование газообразных отходов 248
Использование отходов смежных производств 247
Использование сточных вод 247
Использование твердых отходов 242
Исчерпаемые ресурсы 14

Карьерный смог 77
Кислотные дожди 52
Классификация пород при рекультивации земель 181
Классификация форм ландшафтных нарушений 164
Коагулянты 125
Количественные и качественные показатели 230
Комплекс «вскрыша — рекультивация» 203
Комплексное использование месторождений 234
Комплексное использование минеральных ресурсов 234
Коэффициент «давления населения на землю» 15

Ландшафтно-техногенный комплекс 146
Лесохозяйственное направление рекультивации 178
Лидары 81
Локальные загрязнения атмосферы 50

Методика определения и учета потерь 227
Методы очистки вод 125
Механическая очистка вод 111
Механические характеристики пород 215
Минеральные ресурсы 13

Минеральные ресурсы Мирового океана 220
Мониторинг 26
Мутномер 137

Надкарьерный воздух 63
Направления рекультивационных работ 178

Нарушения почвенно-растительного покрова при разведке месторождений 150

Невозобновимые ресурсы 15

Неисчерпаемые ресурсы 14

Нейтрализация воды 126

«Нетрадиционные» энергоисточники 35

Ноосфера 13

Обеззараживание сточных вод 126

Обогащение и комплексное использование минерального сырья 238

Обогащение и потери полезных ископаемых 233

Обоснование форм и размеров отвалов 173

Ограничение изменении водных режимов 131

«Ожелезнение» поверхности Земли 219

Оптико-акустический газоанализатор 80

Оптимизация природной среды 8

Оптический газоанализатор 80

Опустынивание 144

Освещение вод 125

Основные мероприятия по охране недр 226

Отбор проб сточных вод 135

Парниковый эффект 48

Предельно допустимые концентрации загрязнителей (ПДК) 52

Пределы допустимых выбросов (ПДВ) 53

Переформирование отвалов 191

Планировка поверхности отвалов 193

Плоские отвалы 192

Пожарные газы 63

Покрывание рекультивируемой поверхности почвой 197

Поллютанты 52

«Порог слышимости» и «порог болевого ощущения» 85

Правовая охрана природы 17

Природные ресурсы 14

Природоохранительная политика 17

Природоохранительное законодательство 18

Природохозяйственные отрасли производства 5

Прогнозирование экологических последствий 23

Пространство обитания 13

Противофильтрационные завесы 131

Процессы горнотехнической рекультивации 182

Пузырьковые завесы 116

Пустые породы 218

Радиоизотопные методы анализа воздуха 81

Радиолокационный газоанализатор 82

Разборка терриконов 191

Разработка и хранение почв 182

Рассредоточенные выбросы в атмосферу 61

Рекреационное направление рекультивации 179

Рекультивация нарушенных земель 165

Реципиенты 55

«Римский клуб» 7

Рост площадей антропогенных ландшафтов 146

Санитарно-гигиеническое направление рекультивации 180

Самовозгорание отвалов 62

Сельскохозяйственная оценка почв 212

Сельскохозяйственное направление рекультивации 179

Смежные производства 74, 134, 207

Снижение нарушений подрабатываемой поверхности 172

Сопутствующие воды 114

Сокращение отходов 240

Социально-политический аспект охраны окружающей среды 6

Сплошное выполаживание откосов 185

Стабилизация отвалов 127

Сточные воды 114

Тепловое загрязнение природной среды 29

Технико-экономический аспект охраны природы 6

Техногенные месторождения 16

Технологическая вода 114

Траншейные противофильтрационные завесы 132

Требования к геологическому изучению недр 224

Требования к проектированию и строительству горных предприятий 225

Требования к разработке месторождений 225

Ударные воздушные волны 98

Улучшение качества сточных вод 124

Уменьшение лесохозяйственных площадей 145

Уменьшение сельскохозяйственных площадей 143

Управление землепользованием 22

Управление природопользованием 20

Ухудшение качества природной среды 13

Физико-технические характеристики пород 214

Физико-химическая очистка сточных вод 111

Физико-химические методы анализа воздуха 80

Физический анализ сточных вод 136
Фитопланктон 44
Флокулянты 125
Фотоколориметрический газоанализатор 80
Фотометрический газоанализатор 80
Фотосинтез 48
Фотохимический смог 50

Химическая очистка вод 111
Химический анализ сточных вод 138

Шумовая карта 95
Шумовое загрязнение 84
Шумоизолирующая кабина 97
Шумопонижающие устройства 95
Шумомеры 99

Экологическая система 12
Экологический аспект охраны природы 5

Экологический кризис 7
Экономическая эффективность использования отходов горного предприятия 253
Экономическая эффективность мероприятий, предотвращающих загрязнение водной среды 112
Экономическая эффективность мероприятий, предотвращающих загрязнение воздушной среды 55
Экономическая эффективность комплексного использования минерального сырья 251
Экономическая эффективность рекультивационных работ 209
Электрохимический метод анализа воздуха 80
Эмиссионный газоанализатор 80
Энергетика геологоразведочных партий 40
Энергетика горных предприятий 41
Энергетические ресурсы 13,23

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие (3)

Введение (5)

Глава 1. Антропогенный фактор в природе (11)

1.1. Природа и ее компоненты (11). 1.2. Антропогенный фактор (12). 1.3. Ресурсы планеты Земля (13).

Глава 2. Правовые и организационные вопросы охраны окружающей среды (17)

2.1. Принципы охраны окружающей среды в социалистических странах (17). 2.2. Управление природопользованием (20). 2.3. Международное сотрудничество в области охраны природы (25).

Глава 3. Проблема энергетики в связи с охраной окружающей среды (28)

3.1. Использование различных видов энергии (28). 3.2. Производство энергии на тепловых электростанциях (30). 3.3. Производство энергии на гидроэлектрических станциях (31). 3.4. Производство энергии на атомных электростанциях (32). 3.5. Возможности производства электроэнергии с использованием «нетрадиционных» энергетических источников (35). 3.6. Производство энергии двигателями внутреннего сгорания (39). 3.7. Потребление и производство энергии при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых (40).

Глава 4. Охрана воздушной среды (43)

4.1. Состав атмосферы (43). 4.2. Изменение газового состава и запыленности атмосферного воздуха (45). 4.3. Последствия загрязнения воздушной среды (48). 4.4. Директивные документы по охране воздушной среды (56). 4.5. Загрязнение атмосферного воздуха при геологоразведочных работах (58). 4.6. Загрязнение атмосферного воздуха по подземной разработке месторождений (59). 4.7. Загрязнение атмосферного воздуха при открытой разработке месторождений (63). 4.8. Мероприятия, снижающие негативные последствия локальных загрязнений воздушной среды (67). 4.9. Общие сведения о загрязнении атмосферы при эксплуатации смежных производств (74). 4.10. Защита прилегающих к предприятиям территорий от воздействия пылегазовых загрязнителей воздушной среды (76). 4.11. Методы определения качественных изменений атмосферного воздуха (78). 4.12. Шумовое загрязнение воздушной среды и вибрация (82). 4.13. Директивные документы по охране от шумового загрязнения природной среды (87). 4.14. Шум и вибрация при разведке и разработке месторождений (88). 4.15. Мероприятия по защите от вредного влияния шума и вибрации (92).

Глава 5. Охрана водной среды (100)

5.1. Водные ресурсы (100). 5.2. Основные потребители пресной воды (102). 5.3. Мероприятия, направленные на удовлетворение возрастающей потребности в воде (104). 5.4. Потери воды, ее загрязнение и методы очистки (107). 5.5. Директивные документы по охране водной среды (112). 5.6. Источники загрязнения вод в процессе разведки месторождений (114). 5.7. Источники загрязнения вод в процессе разработки месторождений (117). 5.8. Изменение режима поверхностных и подземных вод (120). 5.9. Мероприятия, снижающие загрязнения вод и ограничивающие изменения их режимов (123). 5.10. Общие сведения о загрязнении водной среды при эксплуатации смежных производств (134). 5.11. Методы определения качественных характеристик сточных вод (135).

Глава 6. Охрана земной поверхности (суши) (141)

6.1. Общие сведения о земной поверхности (141). 6.2. Изменения структуры и качества земельных ресурсов (143). 6.3. Директивные документы по охране земной поверхности (147). 6.4. Нарушение земной поверхности при геологоразведочных работах (150). 6.5. Мероприятия, снижающие нарушения земной поверхности при геологоразведочных работах (156). 6.6. Нарушение земной поверхности при разработке месторождений (164). 6.7. Снижение масштабов нарушений при разработке месторождений (168). 6.8. Обоснование форм и размеров отвалов с учетом рационального использования земель (173). 6.9. Основные понятия о рекультивационных работах на нарушенных землях (178). 6.10. Рекультивация нарушенных земель (182). 6.11. Производство рекультивационных работ (201). 6.12. Общие сведения о загрязнении земной поверхности при эксплуатации смежных производств (207). 6.13. Экономическая оценка работ по горнотехнической рекультивации (209). 6.14. Методы определения качественных характеристик почв и пород (212).

Глава 7. Охрана и рациональное использование недр (217)

7.1. Использование недр (217). 7.2. Ресурсы полезных ископаемых (218). 7.3. Директивные документы по охране и рациональному использованию недр (223). 7.4. Потери полезных ископаемых (227). 7.5. Комплексное извлечение из недр основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых (234). 7.6. Использование отходов производства (240). 7.7. Экономические аспекты потерь полезных ископаемых, комплексного использования минеральных ресурсов месторождений и утилизации отходов (250).

Заключение (253)

Приложение (258)

Литература (268)

Предметный указатель (267)

UMWELTSCHUTZ

Autoren: S. A. Brylov, L. G. Grabčák, V. I. Komaščenko, K. Strzodka, R. Steinmetz, R. Junghans.
Das Lehrbuch ist für Geologie- und Bergbaustudenten, für Mitarbeiter der Bergbauforschungsinstitute, der geologischen Erkundung und Grubenbetriebe bestimmt.

Inhalt: Analyse des Zustandes der Natur, ihrer Ressourcen und Probleme, Informationen über die rechtliche Seite des Umweltschutzes, Fragen der geologischen Erkundungsarbeiten und des Abbaus von Lagerstätten fester Rohstoffe, die mit dem Umweltschutz und mit der rationellen Nutzung der Naturressourcen zusammenhängen.

INHALT

Vorwort (3)

Einleitung (5)

1 Kapitel. Der antropogene Faktor in der Natur (11)

1.1. Die Natur und ihre Komponenten (11). 1.2. Der antropogene Faktor (12). 1.3. Die Ressourcen der Erde (13).

2 Kapitel. Die rechtlichen und organisatorischen Fragen des Umweltschutzes (17).

2.1. Die Prinzipien des Umweltschutzes in den sozialistischen Ländern (17). 2.2. Die Leitung der Nutzung der Natur (20). 2.3. Die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Umweltschutzes (25).

3 Kapitel. Das Energieproblem im Zusammenhang mit dem Umweltschutz (28).

3.1. Die Erzeugung verschiedener Energiearten (28). 3.2. Die Energieerzeugung in Wärmekraftwerken (30). 3.3. Die Energieerzeugung in Wasserkraftwerken (31). 3.4. Die Energieerzeugung in Atomkraftwerken (32). 3.5. Elektronenenergieerzeugung unter Nutzung „nicht herkömmlicher“ Energiequellen (35). 3.6. Die Energieerzeugung durch Verbrennungsmotore (39). 3.7. Energieverbrauch und -erzeugnis bei der Erkundung und beim Abbau von Lagerstätten (40).

4 Kapitel. Reinhaltung der Luft (43).

4.1. Die Zusammensetzung der Atmosphäre (43). 4.2. Die Veränderung der Gaszusammensetzung und die Zunahme des Staubgehaltes der Atmosphäre (45). 4.3. Die Folgen der Luftverschmutzung (48). 4.4. Gesetzliche Grundlagen für die Reinhaltung der Luft (56). 4.5. Die Luftverschmutzung bei geologischen Erkundungsarbeiten (58). 4.6. Die Luftverschmutzung durch den Untertagebergbau (59). 4.7. Die Luftverschmutzung durch die Tagebaubetriebe (63). 4.8. Massnahmen zur Senkung der negativen Folgen der lokalen Luftverschmutzung (67). 4.9. Allgemeines über die Luftverschmutzung bei Bergbaufolgebetrieben, sowie Hilfs- und Nebeneinrichtungen (74). 4.10. Der Schutz des den Betrieb umgebenden Territoriums vor der Einwirkung der Gas- und Staubluftverschmutzungen (76). 4.11. Bestimmungsmethoden der qualitativen Veränderungen der Atmosphäre (78). 4.12. Lärm und Vibrationen (82). 4.13. Gesetzliche Grundlagen des Lärmschutzes (87). 4.14. Lärm und Vibrationen bei Erkundung und Abbau von Lagerstätten (88). 4.15. Massnahmen zur Bekämpfung von Lärm und Vibrationen (92).

5 Kapitel. Schutz des Wassers (100).

5.1. Wasserressourcen (100). 5.2. Die Hauptverbraucher des Wassers (102). 5.3. Massnahmen zur Deckung des zunehmenden Wasserbedarfs (104). 5.4. Wasserverluste, Verschmutzung und Methoden der Reinigung des Wassers (107). 5.5. Gesetzliche Grundlagen für den Schutz des Wassers (112). 5.6. Wasserverschmutzungsquellen im Erkundungsprozess der Lagerstätten (114). 5.7. Wasserverschmutzungsquellen beim Abbau der Lagerstätten (117). 5.8. Die Veränderung des Zustandes der Grund- und Oberflächengewässer (120). 5.9. Massnahmen zur Senkung der Wasserverschmutzung und Bergenzung deren Zustandsveränderung (123). 5.10. Allgemeines über die Wasserverschmutzung durch Bergbaufolgebetriebe, sowie Hilfs- und Nebeneinrichtungen (134). 5.11. Bestimmungsmethoden der Abwasserzusammensetzung (135).

6 Kapitel. Schutz der Erdoberfläche (141).

6.1. Allgemeines über die Erdoberfläche (141). 6.2. Die Veränderung der Struktur und Qualität der Ressourcen der Erde (143). 6.3. Gesetzliche Grundlagen für den Schutz des Bodens (147). 6.4. Die Schädigung der Erdoberfläche bei geologischen Erkundungsarbeiten (150). 6.5. Verringerung der Auswirkung von geologischen Erkundungsarbeiten auf die Schädigung der Erdoberfläche (156). 6.6. Die Devastierung der Erdoberfläche beim Abbau von Lagerstätten (164). 6.7. Die Senkung des Ausmasses der Beeinflussung der Erdoberfläche beim Abbau der Lagerstätten (168). 6.8. Die Begründung der Formen und Ausmasse der Halden unter Beachtung der rationellen Bodennutzung (173). 6.9. Hauptbegriffe

der Rekultivierungsarbeiten (178). 6.10. Die Rekultivierung des gestörten Bodens (182). 6.11. Die Durchführung der Rekultivierungsarbeiten (201). 6.12. Allgemeines über die Erdoberflächeverunreinigung durch die Bergbaubetriebe, sowie Hilfs- und Nebenbetrieben (207). 6.13. Die ökonomische Auswertung der bergbautechnischen Rekultivierungsarbeiten (209). 6.14. Bestimmungsmethoden der qualitativen Boden- und Gesteinscharakteristiken (212).

7 Kapitel. Der Schutz und die rationelle Nutzung des Erdinnern (217).

7.1. Die Nutzung des Erdinnern (217). 7.2. Die Bodenschätzeressourcen (218). 7.3. Gesetzliche Grundlagen für den Schutz und die rationelle Nutzung des Erdinnern (223). 7.4. Abbauverluste (227). 7.5. Komplexe Gewinnung der Haupt- und Begleitelemente aus dem Erdinnern (234). 7.6. Die Nutzung der Produktionssabfälle (240). 7.7. Die ökonomischen Aspekte der Abbauverluste, der komplexen Nutzung der Mineralressourcen und der Abfälle (250).

Schlussfolgerungen (253).

Anhang (258).

Literaturverzeichnis (267).

**Сергей Александрович Брылов, Леонид Георгиевич Грабчак,
Виталий Иванович Комащенко, Клаус Штрелка,
Рудольф Юнгханс, Рихард Штайнметц**

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИБ № 4713

Заведующий редакцией *А. Г. Газрилов*. Редактор *М. М. Пенкина*.
Младшие редакторы: *Н. А. Белокопытова, Е. И. Попова*. Художественный редактор *Т. А. Коленкова*. Художник *А. И. Шавард*.
Технический редактор *Л. А. Муравьева*. Корректор *Л. Э. Ганненко*.

Изд. № Е-453. Сдано в набор 05.09.84. Подп. в печать 11.03.85. Т-05043. Формат 60 × 90¹/₁₆. Бум. кн. журн. Гарнитура Таймс. печать офсетная. Объем 17 усл. печ. л. + 0,25 усл. печ. л. форзац. 34,5 усл. кр.-отт. 19,52 уч.-изд. л. + форзац 0,42 уч.-изд. л. Тираж 25 000 экз. Зак. № 724 Цена 1 руб.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

