

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

И. Б. Катанов

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ КУЗБАССА**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело»

Кемерово 2012

УДК 622.013.3:553.04

Рецензенты:

Кафедра открытых горных работ Института горного дела, геологии и геотехнологии Сибирского федерального университета (зав. кафедрой доктор технических наук, профессор А. И. Косолапов)

Доктор технических наук, профессор А. С. Голик (президент Регионального сибирского отделения МАНЭБ)

Катанов, И. Б. Охрана окружающей среды на открытых горных работах Кузбасса : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 145 с.

ISBN 978-5-89070-826-7

Учебное пособие подготовлено по дисциплине «Рациональное использование и охрана природных ресурсов».

Приведена классификация антропогенных факторов, оказывающих влияние на изменение окружающей среды при открытых горных работах. Последовательно изложены технически возможные, экономически целесообразные и экологически необходимые мероприятия при открытой разработке угольных месторождений, обеспечивающие рациональное использование и охрану природных ресурсов. Приведены примеры расчетов размеров зон антропогенного воздействия на окружающую среду.

Предназначено для студентов специальности 130403 «Открытые горные работы» вузов горного профиля. Рекомендуются студентам других специальностей и специалистам горных предприятий.

Табл. 24. Ил. 42. Библиогр. 11 назв.

УДК 622.013.3:553.04

© Катанов И. Б., 2012

ISBN 978-5-89070-826-7

© КузГТУ, 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ухудшение экологической обстановки воспринимается как неизбежный результат. За время существования жизни на Земле отношение к природе и ее ресурсам у человечества менялось в зависимости от развития цивилизации. В недалеком прошлом почти никто не задумывался над тем, что природные ресурсы не беспредельны.

Природные ресурсы разделены по принципу исчерпаемости на две основные группы. К *неисчерпаемым* природным ресурсам относятся водные, связанные единым кругооборотом, а также атмосферный воздух и космические ресурсы (солнечная радиация, энергия морских приливов и т. п.). Эти ресурсы обладают большой способностью обновляться. Однако качество их может и существенно ухудшаться под воздействием антропогенных факторов. *Исчерпаемые* ресурсы подразделяются по признаку возобновляемости. В группу *исчерпаемых возобновляемых* ресурсов входят: флора, фауна, почва, а также некоторые виды минеральных ресурсов (например, соли, осаждающиеся в озерах). Однако при нерациональном использовании эти ресурсы могут перейти в группу исчерпаемых невозобновляемых. К *исчерпаемым невозобновляемым* относятся минеральные ресурсы недр (т. е. уголь, нефть, газ, руда и т. д.).

В настоящее время все большее значение приобретает та сторона производственной деятельности, которая направлена на предотвращение и ликвидацию негативного воздействия человеческого общества на окружающую среду. Поиск путей решения противоречий между экологией и экономикой невозможен без разумного сочетания интересов человека и природы. Это регулирование осуществляется на основе законов.

Постановлением № 378 от 21.10.1998 Госстандарта России введен в действие комплекс международных стандартов ИСО 14001-98 «Система управления окружающей средой», действующих с апреля 1999 г. на территории России, которые определяют область их применения и формулируют требования к системам экологического управления.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7 от 10.01.2002 в комплексе с мерами организационного, экономического и воспитательного воздействия призван способствовать форми-

рованию и укреплению экологического правопорядка на территории РФ. Он изложен в виде 15 разделов и содержит 94 статьи, в которых:

- последовательно обоснованы задачи природоохранного законодательства;

- описана система охраны природы в РФ с определением компетенции органов власти всех уровней, законодательно утверждены права граждан на здоровую окружающую среду, их полномочия в решении вопросов охраны природы и ответственность за экологические нарушения;

- приведен экономический механизм, позволяющий планировать и финансировать экологические программы, устанавливать плату за использование природных ресурсов и за вредное воздействие на них, а также стимулировать мероприятия по охране окружающей среды;

- нормируется качество окружающей среды введением в практику значений ПДК, ПДВ и ПДС вредных веществ и микроорганизмов в компонентах биосферы, ПДУ шума, вибрации, магнитных полей и радиоактивного воздействия;

- определяются функции государственной экологической экспертизы;

- сформулированы экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и объектов, способных оказать влияние на изменение качества окружающей среды;

- рассматриваются вопросы экологии в чрезвычайных ситуациях;

- определены вопросы экологического контроля за исполнением законодательства юридическими лицами и ответственность за его нарушение, возмещение вреда, причиненного экологическими нарушениями;

- обозначены принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды.

В учебном пособии использована терминология, позволяющая правильно понимать природоохранное законодательство [1].

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Природные ресурсы – компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

Компоненты природной среды – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, растительный и животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, в совокупности обеспечивающие благоприятные условия существования жизни на Земле.

Природный объект – естественная экологическая система, т. е. часть природной среды, имеющая пространственно-территориальные границы, в которых живые организмы и неживые элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществ и энергией.

Природно-антропогенный объект – это природный объект, измененный в результате хозяйственной деятельности или объект созданный, но обладающий свойствами природного объекта.

Антропогенный объект – это объект, созданный человеком для обеспечения социальных потребностей и не обладающий свойствами природного объекта.

Охрана окружающей среды основывается на принципах рационального природопользования. Рациональное природопользование предусматривает хозяйственную деятельность с использованием технологий, позволяющих негативно воздействовать на окружающую среду в пределах установленных нормативов.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Угольная промышленность по масштабности воздействия на природу одна из первых. Кузнецкий бассейн является основным поставщиком угля практически для всех регионов страны. Сегодня на долю Кузбасса приходится около 44 % добычи каменных углей в России, более 70 % от добычи всех коксующихся углей, а по целой группе марок особо ценных коксующихся углей – все 100 %. В Кузбассе на долю угольной промышленности приходится треть от общего объема промышленного производства.

Под воздействием антропогенных факторов горного производства на природную среду в ней происходят качественные и количественные изменения, часто превышающие предельно допустимые нормы.

Антропогенные факторы – это деятельность человека, ведущая к изменениям в природе. Эти факторы оказывают прямое и косвенное, положительное и отрицательное воздействие на природу. Изменение вида земной поверхности под воздействием горного производства называют *антропогенным рельефом*. Антропогенный рельеф формируется либо под прямым воздействием при образовании карьерных выработок, создании насыпей при отвалообразовании, вырубке лесов, осушении болот, вследствие просадки грунта в местах подземных выработок. *Прямое* влияние антропогенных факторов сказывается непосредственно на компонентах биосферы. *Косвенное* воздействие антропогенных факторов ощущается в результате изменения состава атмосферы, воды и почвы, что приводит к изменению условий существования организмов. *Положительное* влияние антропогенных факторов проявляется в создании благоприятных условий для жизни и развития тех или иных организмов. *Отрицательное* – приводит к угнетению и даже вымиранию экосистем.

Укрупненное влияние антропогенных факторов горного производства на окружающую среду приведено в табл. 1.1.

Воздействие технологических процессов на природную среду целесообразно характеризовать показателями, которые позволяют сравнивать различные производства, проводить экологическую экспертизу технических решений, определять необходимую степень

Таблица 1.1

Классификация воздействия антропогенных факторов горного производства на компоненты биосферы

Компоненты биосферы	Воздействие на компоненты биосферы	Результаты воздействия
1. Воздушный бассейн	Организованные и неорганизованные выбросы пыли и газов в атмосферу	Изменение качества атмосферного воздуха. Возникновение «кислых» дождей. Изменение качества гидросферы и почвы
2. Водный бассейн: - воды поверхностные	Осушение и перенос поверхностных водоемов и водотоков, сброс сточных и дренажных вод, водозабор для технических нужд предприятий	Загрязнение водного бассейна сточными и дренажными водами. Ухудшение качества вод вследствие неблагоприятных изменений гидрохимических и биологических режимов поверхностных и подземных вод
- воды подземные	Осушение месторождений, сброс сточных и дренажных вод	Уменьшение запасов подземных, грунтовых и поверхностных вод. Нарушение гидрогеологического режима водного бассейна
3. Земли, почвы, флора и фауна	Проведение горных выработок, сооружение отвалов, гидроотвалов, хвостохранилищ и водохранилищ. Строительство промышленных и гражданских зданий и сооружений, прокладка дорог и коммуникаций	Деформация земной поверхности, нарушение почвенного покрова. Сокращение площадей продуктивных угодий различного назначения, ухудшение качества почв. Ухудшение условий обитания лесной, степной, водной флоры и фауны. Сокращение урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности животноводства, рыбного и лесного хозяйства
4. Недра	Проведение горных выработок, извлечение полезных ископаемых, вмещающих и вскрышных пород. Осушение месторождения, обводнение горных выработок. Возгорание полезного ископаемого, захоронение отходов. Сброс сточных вод	Изменение напряженно-деформационного состояния массива горных пород. Снижение качества полезного ископаемого. Загрязнение недр, развитие карстовых процессов. Потери полезного ископаемого

экологической эффективности проводимых мероприятий. Такими показателями являются: интенсивность воздействия (I); степень воздействия (N) и опасность воздействия (J).

Интенсивность воздействия технологических процессов на природную среду характеризует величину нарушения (m^2 ; га) или загрязнения (г; кг; т) окружающей среды в единицу времени (с; ч; год).

По показателям интенсивности воздействия нормируются выбросы предприятий в воздушный или водный бассейны, площади нарушений и рекультивации земель и др.

Степень нарушения или воздействия технологических процессов на природную среду характеризует относительную величину поступления загрязняющих веществ в природную среду от общего объема веществ, выделившихся в виде выброса или сброса, а также долю нарушения от общей площади или количества. Степень воздействия (N) определяется в процентах и используется при планировании показателей эффективности работы очистных сооружений.

Показатель опасности воздействия на природную среду характеризует соотношение между *фактической* и *нормативной (допустимой)* интенсивностью воздействия:

$$J = \frac{I_{\text{ф}}}{I_{\text{д}}}$$

Если $J > 1$, то опасность воздействия существует.

Для выявления активного источника нарушения необходимо весь технологический цикл рассматривать по процессам. Например: технология добычи угля на разрезе включает процессы: подготовки горных пород к выемке, вскрышные работы, добычи угля, его погрузки, транспортировки, складирования и др. Каждому источнику геомеханических нарушений присущи свои качественные и количественные характеристики.

Качественные характеристики источников нарушений помогают создать общую ситуационную картину на промплощадке и в пределах земельного отвода предприятия. Основными качественными характеристиками источников геомеханических нарушений на горнодобывающих предприятиях являются:

1. Подвижность или стационарность.

2. Прерывность, периодичность или постоянность процесса.
3. Расположение относительно земной поверхности (наземный или подземный).
4. Способ образования выемок или насыпей (буровзрывной, механический, гидравлический и т. д.).
5. Направление перемещения выбросов загрязняющих веществ и качественные признаки загрязняющих веществ (агрегатное состояние, токсичность, способность к повышению токсичности при вступлении в фотохимические реакции).

Количественные характеристики источников геомеханических нарушений:

1. Скорость подвигания фронта работ (суточная, годовая).
2. Длина, площадь фронта работ.
3. Глубина от поверхности.
4. Мощность отработки (толщина нарушаемого слоя).
5. Высота отсыпки породного отвала.
6. Мощность обрушения, параметры зон сдвижения пород.
7. Объем извлекаемого полезного ископаемого.
8. Объем, площадь и скорость движения сточных вод по рельефу.

Количественные показатели загрязняющих веществ определяются *количеством выброса*, г/мин; м³/ч; *концентрацией*, г/м³; *скоростью* движения в месте выброса, м/с; *размером частиц*, мм; *температурой*, °С; *давлением*, Па; *влажностью*, %.

Изучение технологических процессов как источников нарушений и загрязнений природной среды позволяет:

- комплексно обследовать предприятие и выявить все виды его воздействия на природную среду;
- объективно оценить степень воздействия на природную среду;
- определить эффективность и рациональность использования природных ресурсов.

Нарушение экологического равновесия может привести к формированию опасных зон. В качестве границ зон принимаются значения ПДК загрязняющих веществ.

2. ОХРАНА АТМОСФЕРЫ

2.1. Нормирование качества атмосферы

В районе горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий в атмосферу поступают: угольная и породная пыль, сернистый ангидрид, оксид углерода, сероводород, оксиды азота и другие соединения, которые оказывают вредное влияние на окружающую природную среду, изменяя ее качество. Например, Кузбасс в этой связи занимает особо неблагоприятное положение, т. к. на его площади немногим более 27 тыс. км² в настоящее время размещается более 50 угольных разрезов, расположенных в основном на наиболее густонаселенных территориях (рис. 2.1).

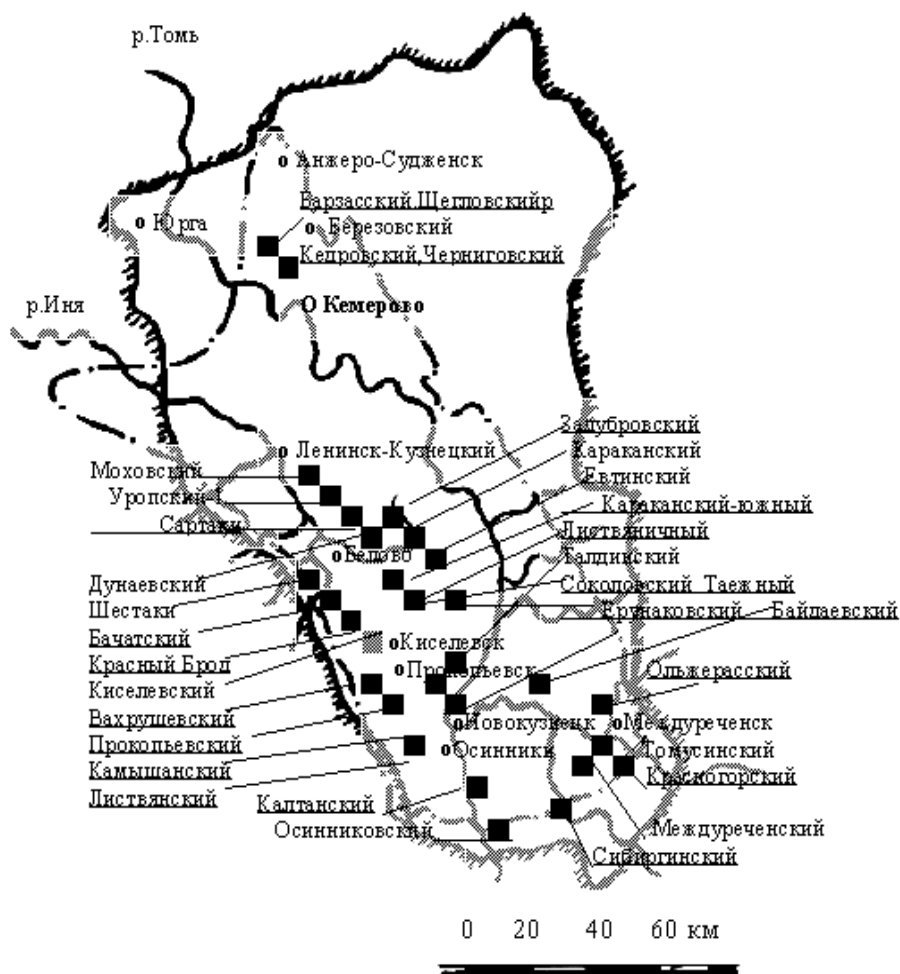


Рис. 2.1. Схема местонахождения угольных разрезов на территории Кемеровской области: — · — граница Кузбасса; ■ — угольные разрезы

Загрязненность атмосферы при открытой добыче угля происходит практически от всех основных производственных процессов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Источники и виды загрязнения атмосферы при ОГР

Технологические процессы	Источники и виды загрязнения
1. Подготовка горных пород к выемке	Пыль и ядовитые газы при бурении скважин и производстве взрывных работ
2. Выемочно-погрузочные работы	Пыль при выемке и погрузке горной массы в транспортные средства и разгрузке в отвал различными выемочными машинами. Пыль и газы при выемке горной массы экскавационными и экскавационно-транспортирующими машинами с двигателем внутреннего сгорания
3. Транспортирование карьерных грузов	Пыль на карьерных автодорогах. Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении полезных ископаемых, пустых пород и отходов обогащения. Пыль на пунктах перегрузки. Газы при работе автотранспортных средств и тяговых средств железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания
4. Отвалообразование и складирование пустых пород, отходов обогащения и полезных ископаемых	Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады. Пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, складов полезных ископаемых, шламохранилищ. Газы при самовозгорании горной массы в отвалах и на складах
5. Карьерные выемки	Сдувание пыли с поверхностей откосов и площадок. Выделение газов при самовозгорании полезных ископаемых
6. Объекты промплощадки (дробильно-сортировочные, агломерационные и обогатительные фабрики; котельные установки; базы производственных машин)	Пыль при разгрузке, дроблении и сортировке полезных ископаемых. Пыль и газы при обжиге и обогащении полезных ископаемых, при работе котельных установок. Газы и пыль при эксплуатации баз производственных машин и автотракторной техники

Все источники загрязнения атмосферы подразделяются на источники периодического и непрерывного действия. Источники выделения загрязнений могут быть точечными (бурстанки, экскавато-

ры), линейными (автодороги, конвейерные ленты) и распределенными по площади (взорванный блок). Их долевой вклад в загрязнение атмосферы карьера можно представить схематически (рис. 2.2).

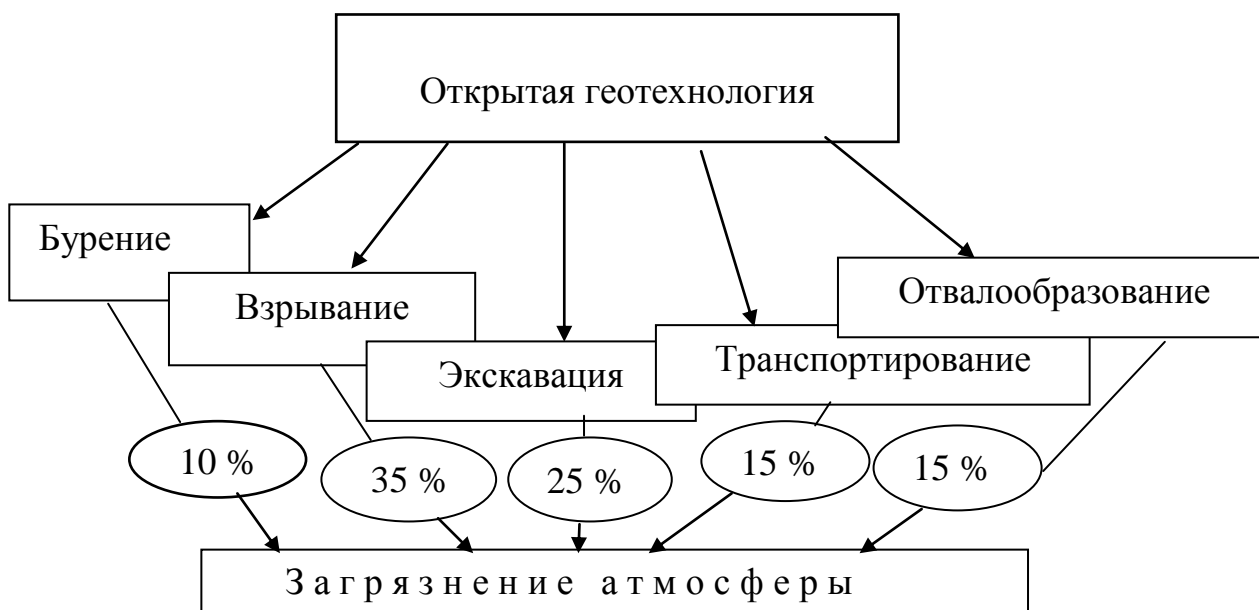


Рис. 2.2. Долевой вклад процессов ОГР в загрязнение атмосферы

Критерием качества воздушного бассейна является величина ПДК загрязняющего вещества в воздухе и определяется количеством загрязняющего вещества в 1 м³ воздуха, которое не оказывает вредного влияния на здоровье. ПДК утверждаются Минздравом РФ, носят законодательный характер и устанавливаются для населенных пунктов и рабочих зон (табл. 2.2).

Опасность загрязнения атмосферы оценивается сравнением фактической концентрации вредных веществ со значением ПДК:

$$J = \frac{C_{\phi}}{\text{ПДК}}$$

Если $J > 1$, то существует опасность загрязнения атмосферы. При совместном присутствии в атмосфере нескольких веществ, взаимно усиливающих вредное их воздействие на организм человека, опасность загрязнения определяется из выражения

$$J = \frac{C_{\phi 1}}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_{\phi 2}}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_{\phi n}}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Для зон отдыха, больниц, детских учреждений это отношение должно быть не более 0,8.

Таблица 2.2

ПДК некоторых веществ в атмосфере

Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	в населенном пункте	в рабочей зоне карьера	
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	0,085	5	3
Оксид углерода (СО)	3	20	4
Сернистый ангидрид	0,5	10	3
Пыль нетоксичная	0,5		
- угольная с содержанием SiO ₂ < 2 %		10	3
- породная с содержанием: SiO ₂ > 70 %		1	3
70 % > SiO ₂ > 10 %		2	3
- горючие сланцы, медносульфидные руды, глина и др., содержащие 10 % > SiO ₂ > 2 %		4	3

Класс опасности вредного вещества определяется летальным исходом при попадании вещества в желудок (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Классификация опасности вредного вещества по ПДК

Показатели	Класс опасности			
	1	2	3	4
1. ПДК, мг/м ³	< 0,1	0,1–1,0	1,0–10	> 10,1
2. Летальная доза, мг/кг веса	15	15–150	150–500	> 500

2.2. Роль климатических факторов

При одних и тех же параметрах выброса их концентрация в приземном слое будет зависеть от скорости и направления ветра, температурной стратификации атмосферы, осадков и других факторов.

В общем случае ветер может играть как положительную, так и отрицательную роль в загрязнении атмосферы, т. е. она будет «проветриваться» либо «застаиваться».

Существует понятие опасной скорости ветра, при которой в приземном слое атмосферы возникают максимальные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых из организованного источника.

На рассеивание загрязняющих веществ оказывает влияние разность температур ΔT между температурой газовой смеси и температурой атмосферного воздуха. Если $\Delta T \approx 0$, то выброс считается холодным, если $\Delta T > 0$, то выброс считается нагретым. Чем меньше ΔT , тем больше приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

2.3. Буровые работы

2.3.1. Пылеобразование при бурении скважин

Бурение взрывных скважин на угольных разрезах осуществляется буровыми станками с режущим и шарошечным буровым инструментом, в соответствии с прочностными свойствами вскрышных пород, которые условно разделяют на три основные группы:

I группа – легкобуримые породы (предел прочности $\sigma_{сж} \leq 50$ МПа). Это в основном алевролиты, аргиллиты и крупнозернистые песчаники;

II группа – породы средней буримости ($\sigma_{сж} = 50\text{--}80$ МПа). Сюда относят часть алевролитов и аргиллитов средней плотности, а также среднезернистые и мелкозернистые песчаники;

III группа – породы труднобуримые ($\sigma_{сж} = 80\text{--}160$ МПа). К этой группе относят крепкие абразивные песчаники крупноблочного строения, конгломераты и др.

На угольных разрезах Кузбасса породы I группы составляют 15–20 %. Их бурят станками вращательного бурения типа СБР с режущим буровым инструментом. Станками шарошечного бурения выполняется до 88–90 % работ по обуиванию блоков при подготовке пород к взрыву, что в год составляет около 10 тыс. м взрывных скважин.

Продукты разрушения при бурении скважин разделяют на буровую мелочь и буровую пыль. При этом под буровой мелочью подразумеваются частицы горной породы, измельченные буровым инструментом и имеющие крупность более 500 мкм. Более мелкие продукты разрушения называются буровой пылью. Буровая пыль в

зависимости от крупности подразделяется на крупную – с размером частиц от 60 до 500 мкм, мелкую – от 0,1 до 50 мкм и весьма тонкую пыль – менее 0,1 мкм.

Бурение скважин и шпуров происходит в результате воздействия на породу буровым инструментом и сопровождается образованием до 2–3 кг/с буровой мелочи полидисперсного состава с размерами частиц от долей микрона до 10–15 мм.

Фракционный состав буровой мелочи зависит от многих факторов: физико-механических свойств пород; типа и состояния бурового инструмента; скорости его вращения W ; осевой нагрузки P ; расхода воздуха на продувку Q ; глубины скважины (бурения); скорости бурения.

Для большинства горных пород разработаны оптимальные режимы бурения с увеличенным выходом крупных фракций. Из скважины буровая мелочь выносится сжатым воздухом, подаваемым к буровому инструменту через буровой став (рис. 2.3).

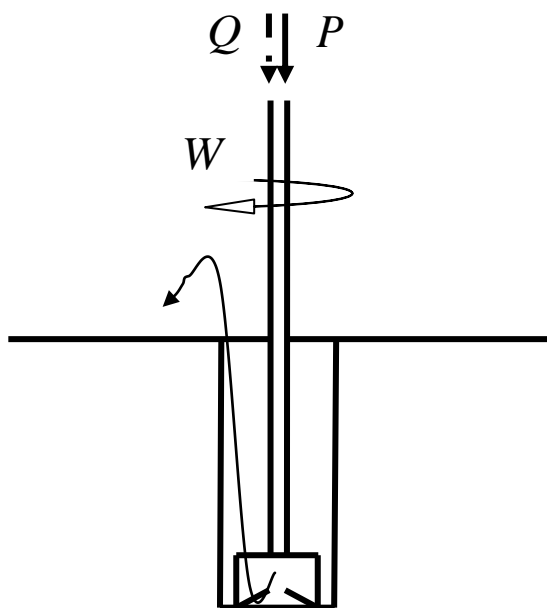


Рис. 2.3. Схема процесса разрушения породы при бурении

Конструкции буровых долот обладают аэродинамической характеристикой, которая влияет на рациональное распределение воздуха в призабойной зоне, что снижает переизмельчение отколовшихся частиц породы.

2.3.2. Способы снижения запыленности при бурении

Применяемые способы пылеподавления в забое скважины и пылеулавливания на поверхности можно представить в виде схемы (рис. 2.4).

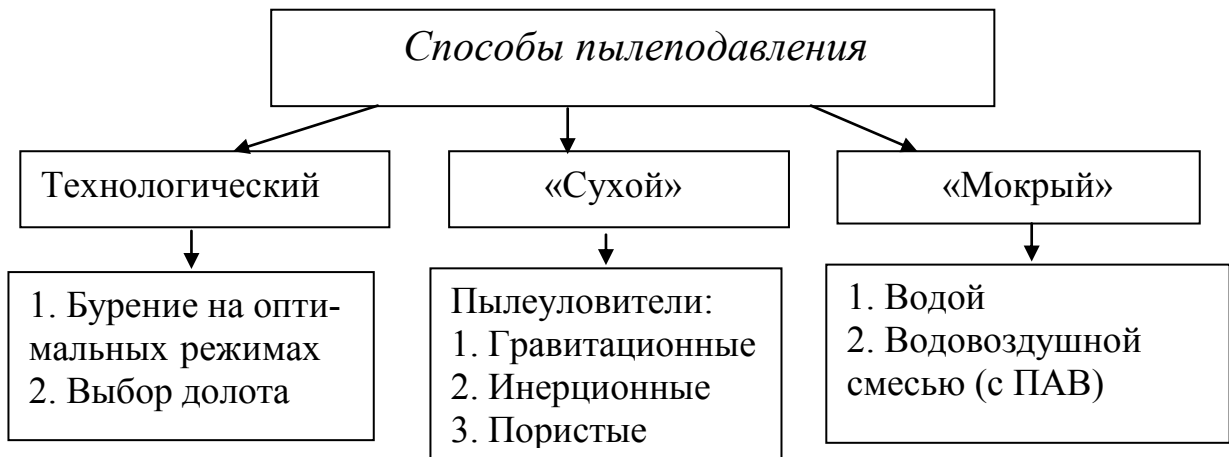


Рис. 2.4. Классификация способов пылеподавления при бурении

Полидисперсность продуктов разрушения при шарошечном бурении вынуждает применять многоступенчатое пылеулавливание. Система пневмотранспорта и «сухого» способа улавливания пыли на станках типа СБШ состоит из приемного колпака (пылеприемника 1) у устья скважины, где осаждаются наиболее крупные частицы, частицы меньшей величины улавливаются в бункере 2 и циклоне 3, а самые мелкие – в рукавных фильтрах 4 (рис. 2.5).

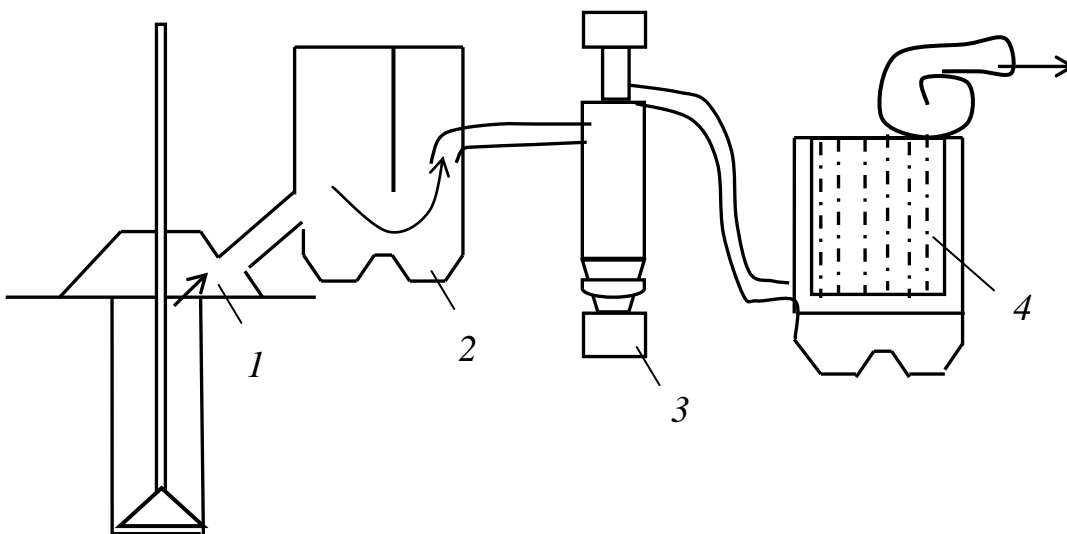


Рис. 2.5. Система «сухого» пылеулавливания на буровых станках

В пылеприемнике 1 улавливание крупных частиц происходит за счет сил гравитации. В пылесадительной камере 2 – за счет перепада давления, а в циклоне 3 – за счет разряжения. В тканевых фильтрах 4 воздух проходит сквозь ткань, а пыль остается внутри фильтров.

Исправная система «сухого» пылеулавливания позволяет очистить воздух, выбрасываемый в атмосферу на 96–99,6 %. Это значит, что до 4 % тонкодисперсной пыли менее 0,1 мкм выбрасывается в атмосферу, а частицы более 0,1 мкм после периодической очистки системы остаются на поверхности блока. В конструкции некоторых зарубежных станков предусмотрены окомкователи, которые мелкодисперсную пыль превращают в окатыши.

Буровые работы являются неорганизованным источником загрязнения атмосферы. При работе одного бурового станка количество твердых частиц, участвующих в загрязнении атмосферы, определяется по формуле [3]

$$M_6 = 0,785d^2V_6\rho TbK(1 - \eta), \quad (2.1)$$

где d – диаметр скважины, м; V_6 – скорость бурения, м/ч; ρ – плотность буримой породы, т/м³; T – количество часов работы, ч/год; η – эффективность средств пылеулавливания, дол. ед.; b – содержание пылевой фракции в буровой мелочи, дол. ед.; K – доля пыли, переходящей в аэрозоль, дол. ед. Если на горном предприятии работает N однотипных буровых станков, то общее количество часов их работы увеличивается в N раз.

Интенсивность выделения твердых частиц в атмосферный воздух при бурении определяется по формуле

$$M'_6 = \frac{0,785d^2V_6\rho bK(1 - \eta)10^3}{3,6}. \quad (2.2)$$

Система пневмотранспорта и «мокрого» способа подавления пыли на станках типа СБШ представлена на рис. 2.6.

Для очистки забоя скважины от продуктов разрушения и снижения загрязнения окружающей среды, создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда при бурении используется водовоздушная смесь. При подаче в поток сжатого воздуха вода распыляется на мелкие капли. В призабойном пространстве образуется плотный водовоздушный факел. Буровая мелочь и пыль смачивается, и на поверхности шлам от устья скважины удаляется потоком

воздуха, создаваемым вентилятором. Эффективность пылеподавления достигает 99 %. Недостатки системы «мокрого» пылеподавления заключаются в большом расходе воды (до 0,5–0,6 кг/с), заклинивании шарошек при попадании шлама в опоры. Возможно замерзание системы при отрицательных температурах.

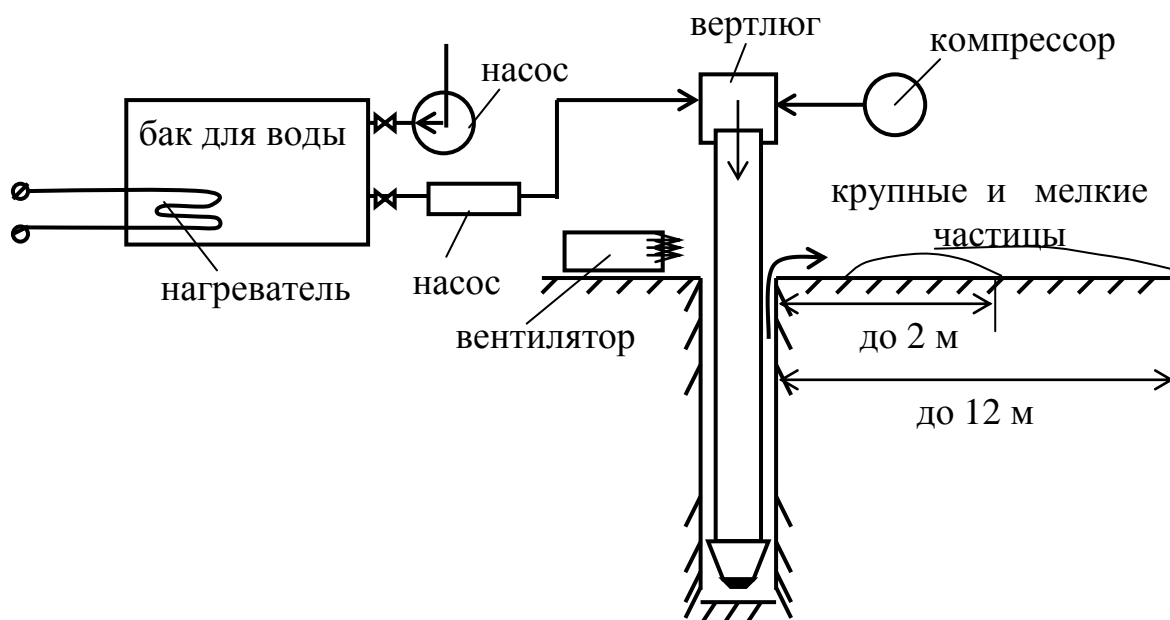


Рис. 2.6. Система «мокрого» пылеподавления

Для исключения этих недостатков используют растворы, содержащие спирт и добавки пенообразователей ПО-1; ПО-3; ПО-6 и др. При повышении концентрации раствора пенообразователя до 4 % образуется пена. Пена кратностью более 300 (кратность пены определяется отношением объема пены к объему раствора, из которого эта пена получена) эффективнее подавляет пыль, чем вода.

2.4. Загрязнение атмосферы при взрывных работах

2.4.1. Образование вредных примесей при взрыве

Воздействие взрыва на окружающую среду представляет сложный, нестационарный процесс, продолжительность которого исчисляется тысячными долями секунды в массиве, минутами при рассеивании пылегазового облака в атмосфере и неопределенно долгим временем нанесения ущерба гидросфере, земельным ре-

сурсам и территории населенных пунктов в результате оседания продуктов взрыва на эти природные объекты.

Массовый взрыв является мощным периодическим источником выброса в атмосферу. При взрыве скважинного заряда из каждого килограмма ВВ образуется до 1000 л газообразных веществ. Из них примерно 50–80 л относится к ядовитым. Количество ядовитых газов и пыли, образующихся при взрыве, зависит от условий проведения ВР, в т. ч.: от типа ВВ и его удельного расхода; физико-механических свойств взрывааемых пород и их обводненности; технологии взрывания и т. д.

При взрывании ВВ с нулевым кислородным балансом образуются в основном пары воды, углекислоты, свободный азот и небольшое количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с недостатком кислорода (отрицательным кислородным балансом) образуется ядовитый оксид углерода СО.

При взрыве ВВ с избытком кислорода (положительным кислородным балансом) образуются весьма ядовитые оксиды NO, NO₂, N₂O₃.

В результате мгновенного химического превращения ВВ фронт детонационной волны движется с очень большой скоростью. За фронтом этой волны давление и температура скачкообразно повышаются. Порода вокруг скважины подвергается всестороннему сжатию, переходит в пластическое состояние и переизмельчается в пыль. Радиус зоны переизмельчения составляет от 1,5 до 5 радиусов заряда.

Процесс образования пылегазового облака (ПГО) происходит в два этапа: первичный этап, связанный с выносом пыли из устья скважины истекающими газообразными продуктами взрыва, и вторичный, возникающий в результате соударений при перемещении горной массы и формировании развала (рис. 2.7).

Сформировавшись и достигнув высоты, на которой произошло выравнивание температуры газов в облаке и окружающей воздушной среде, ПГО начинает перемещаться в направлении ветра. Начинается процесс выпадения пылевых фракций и разжижения вредных газов воздухом. В начальный момент выпадают наиболее крупные частицы, и их оседает относительно много. По мере удаления от места формирования пылегазового облака крупность выпадаемых частиц уменьшается и масса тоже.

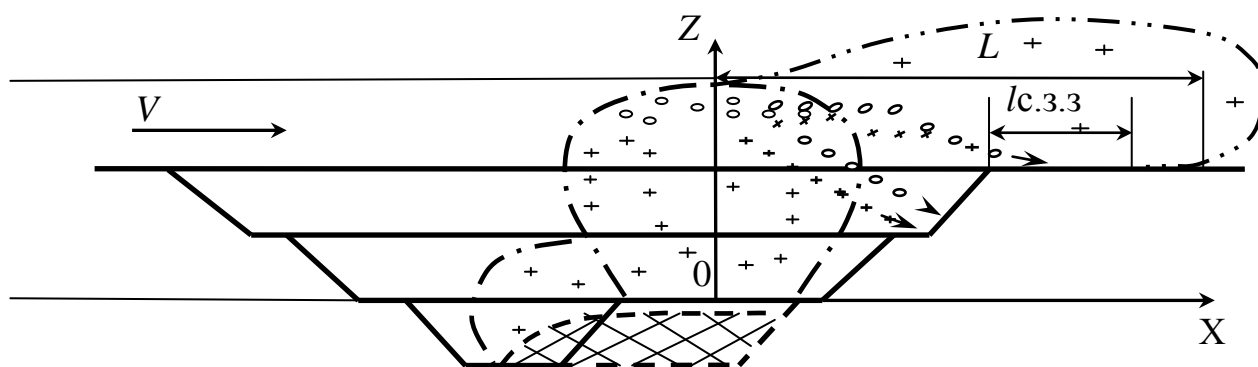


Рис. 2.7. Схема формирования и распространения ПГО: $lc.3.3$ – ширина санитарно-защитной зоны; L – протяженность зоны рассеивания ПГО

Расстояние, на которое переместится пылегазовое облако при снижении концентрации частиц пыли и газов до норм ПДК, может быть определено по формуле [11]

$$L = 1,21 \exp(-0,0018H_k) \left[(-\ln C_d / C_{\text{ПГО}}^i) (292,5v^2 + 497,5v - 500) \right] / v^{1,59}, \quad (2.3)$$

где L – расстояние, м; H_k – глубина карьера (ведения взрывных работ), м; C_d – предельно допустимая концентрация вредного вещества, мг/м³; $C_{\text{ПГО}}^i$ – начальная концентрация вредного вещества в пылегазовом облаке, мг/м³; v – скорость ветра, м/с.

В результате давления газообразных продуктов массив вовлекается в движение и процесс разрушения, который сопровождается интенсивным трением и соударением кусков породы с выделением пыли.

Количество вредных веществ (твердые частицы, оксид углерода, оксиды азота), выбрасываемых с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва, определяется по формуле [3]

$$M_{\text{ПГО}}^i = K_{\text{гр}} q_{\text{уд}}^i Q (1 - \eta'), \quad (2.4)$$

где $K_{\text{гр}}$ – коэффициент, учитывающий гравитацию частиц (для твердых частиц принимается $K_{\text{гр}} = 0,16$, а для газов $K_{\text{гр}} = 1$);

$q_{\text{уд}}^i$ – удельное выделение i -го вредного вещества при взрыве 1 т ВВ, т/т; Q – количество взорванного ВВ, т; η' – эффективность

средств пылеподавления, дол. ед. (при использовании гидрозабойки $\eta' = 0,6$ для пыли и $\eta' = 0,85$ для газов; при твердой забойке $\eta' = 0$).

Изменение удельного выделения пыли и оксида углерода представлено на графиках (рис. 2.8 и 2.9).

Поскольку удельное выделение вредных примесей зависит от расхода ВВ на 1 м^3 взорванной горной массы, удельный расход ВВ рассчитывается

$$q_{\text{ВВ}} = \frac{Q_{\text{ВВ}}}{V_{\text{Г.М}}}, \quad (2.5)$$

где $V_{\text{Г.М}}$ – объем взорванной горной массы, тыс. м^3 .

При использовании нескольких типов ВВ удельный расход ВВ, приведенный к граммониту 79/21, можно определить

$$q_{\text{ВВ}} = \frac{Q_1 \epsilon_1 + Q_2 \epsilon_2 + \dots + Q_n \epsilon_n}{V_{\text{Г.М}}} \cdot 10^3, \quad (2.6)$$

где $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$ – безразмерные коэффициенты, учитывающие работоспособность ВВ, обозначенных индексами 1, 2, ..., n (табл. 2.4).

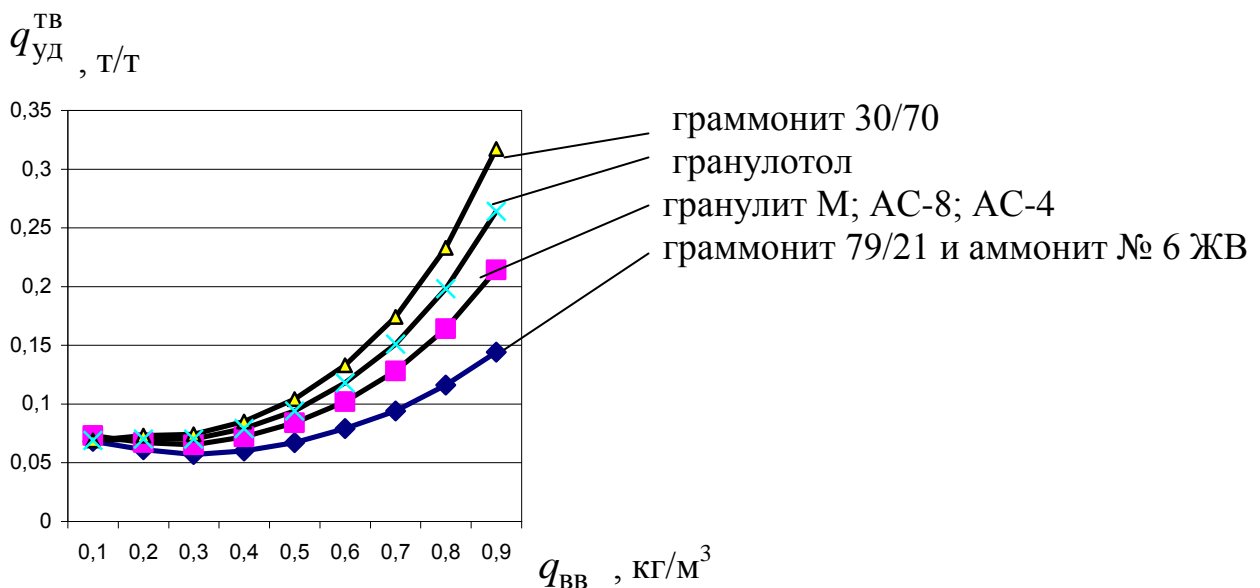


Рис. 2.8. Изменение удельного выделения пыли в зависимости от удельного расхода различных ВВ

При формировании пылегазового облака прогретые газы, вырываясь из устья скважины, а затем из разрушенного массива, тормозятся о неподвижный или малоподвижный слой воздуха. Этот процесс длится от 30 до 60 секунд. К этому моменту пылегазовое

облако считается сформированным и его объем определяется по формуле [11]

$$V_{\text{пго}} = 4,4 \cdot 10^4 Q^{1,08}.$$

Начальная концентрация пыли или газа в пылегазовом облаке определится

$$C_{\text{пго}}^i = \frac{M_{\text{пго}}^i}{V_{\text{пго}}} 10^9,$$

где $M_{\text{пго}}^i$ – масса пыли или газа в пылегазовом облаке в момент его формирования, т.

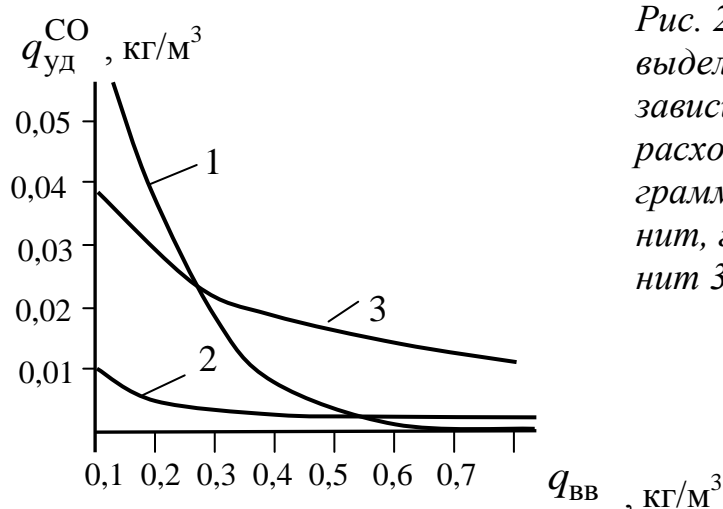


Рис. 2.9. Изменение удельного выделения оксида углерода в зависимости от удельного расхода различных ВВ: 1 – граммонит 79/21; 2 – игданит, гранулиты; 3 – граммонит 30/70

Таблица 2.4

Значение переводного коэффициента «в» для различных ВВ

Тип ВВ	Коэф. «в»	Тип ВВ	Коэф. «в»
Акватол Т-20Г	1,20	Игданит	1,13
Алюмотол	0,83	Ифзанит Т-20	1,20
Гранулит М	1,12	Ифзанит Т-60	1,10
Гранулит УП-1	0,90	Ифзанит Т-80	1,08
Гранулит С-6М	1,11	Карботол ГЛ-10В	1,39
Гранулит АС-4В	0,89	Карботол 15-Т	1,42
Граммонит 79/21	1,00	Порэммит 4А	1,28
Граммонит 50/50	1,01	Порэммит 1-МК	1,25
Граммонит 30/70	1,13	Сибирит 1000	1,29
Гранулотол	1,20	Сибирит 1200	1,30

Высоту подъема пылегазового облака при взрыве суммарного заряда ВВ в пределах от 10 до 400 т можно определить по формуле [11]

$$h_0 = (0,2Q + 139) \exp \left[10^{-4} (41 - 0,04Q) t_0 \right] K_t,$$

где h_0 – высота подъема пылегазового облака, м; t_0 – время формирования пылегазового облака, $30 < t_0 \leq 60$, с; K_t – коэффициент, учитывающий изменение высоты подъема пылегазового облака в зависимости от глубины l_c взрывааемых скважин (при $l_c \leq 15$ м $K_t = 1$; при $l_c > 15$ м $K_t = 0,8$).

Для массовых взрывов характерно вторичное газовыделение из взорванной горной массы, продолжающееся в отдельных случаях 10–15 ч. Количество оксидов углерода, выделяющихся из горной массы после взрыва, равно 50 % от его выбросов с пылегазовым облаком, а пыль и оксиды азота из горной массы после взрыва не выделяются.

Таким образом, загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения вредных газов и пыли из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы.

Для определения массы вредных выбросов, выделившихся при взрывных работах на разрезе в течение года, в расчетах следует учитывать годовой расход ВВ.

2.4.2. Мероприятия по снижению пылегазовых выбросов при массовых взрывах

Снижение концентрации вредных веществ в пылегазовом облаке является одной из основных задач охраны окружающей среды. Благодаря изучению физической сущности процесса пылегазообразования при массовых взрывах можно значительно снизить вред, наносимый природе. Существующие методы борьбы с загрязнением атмосферы при взрывных работах можно разделить на технологические, инженерно-технические и организационные.

К *технологическим* методам относятся: взрывание высоких уступов, использование в конструкции зарядов ВВ воздушных промежутков, взрывание в зажатой среде или на неубранную горную массу, применение ВВ с близким к нулю кислородным балансом, применение качественной забойки и т. д.

Так при взрывании высоких уступов увеличивается длина скважинного заряда, который, как правило, требует его рассредоточения инертными промежутками (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Формирование пенного промежутка

Рассредоточение заряда с помощью инертных промежутков позволяет более эффективно использовать энергию взрыва. За счет сложного механизма взаимодействия волн напряжений с массивом в конечном итоге увеличивается время воздействия продуктов взрыва, уменьшается радиус зоны пластической деформации массива. Воздействие взрывного импульса (произведение давления на время) на горный массив возрастает более чем на 50 %, при этом в 1,2 раза снижается высота подъема пылегазового облака, и как результат, снижение количества пылегазовых выбросов в окружающую

щую среду. Так концентрация пыли в ПГО уменьшается в 1,3–1,4 раза, а оксидов азота в 1,15–1,2 раза.

Применение технологических методов снижения пылегазообразования при массовых взрывах в ряде случаев затруднительно. Поэтому следующим этапом борьбы с выбросами в атмосферу являются инженерно-технические методы. Они направлены на снижение концентрации вредных выбросов непосредственно в пылегазовом облаке и ускорение процессов нормализации атмосферы в пределах горного отвода.

К инженерно-техническим методам борьбы с выделением вредных примесей при массовых взрывах относятся: гидрозабойка, гидрогелевая и пеногелевая забойка скважин, орошение зоны взрыва водой, применение пены, а также искусственной вентиляции, использование нейтрализующих добавок в составе ВВ и забойки.

Внутренняя водяная забойка в обводненных скважинах образуется естественным путем за счет вытеснения воды зарядом ВВ. В сухих скважинах водяную забойку заливают в полиэтиленовые рукава. *Недостаток водяной забойки в ее текучести.* Для устранения этого недостатка используется гидрогелевая забойка, представляющая собой студнеобразную массу. Гидрогелевая забойка, в отличие от водяной, обладает тиксотропными связями и поэтому, заполняя трещины, окружающие скважину, она все-таки не растекается по массиву. Высота столба гидрогелевой забойки должна составлять не менее 2,0–2,5 м из расчета 0,4–0,6 кг гидрогеля на 1 м³ горной массы. Вода, выброшенная из скважины пылегазовым облаком, разбивается на капли и способствует коагуляции пыли. Концентрация пыли в пылегазовом облаке снижается в 2,5–3,5 раза, а оксидов азота в разрушенной породе в 1,5–2,0 раза.

Для подавления пыли пеной необходимо приготовление и нанесение на поверхность взрываемого блока слоя пены высотой примерно 1,5 м. Пенный слой, нанесенный за 15–20 мин до взрыва, ослабляет энергию ударной воздушной волны на 40 % и способствует коагуляции и оседанию пыли на 60 %, нейтрализует ядовитые газы до 70 %.

Анализом эффективности результатов промышленных взрывов с твердой забойкой, гидрозабойкой, пенообразующими веществами и взрывами без забойки в породах средней крепости установлена зависимость среднего диаметра куска на поверхности развала от объемного содержания воздуха в материале забойки. Аппроксимация за-

висимости (полиномиальная с достоверностью 0,87) свидетельствует о наличии минимума размера среднего куска $d_{\text{ср}}$ при содержании воздуха $\alpha_1 = 0,6-0,7$ дол. ед. в материале забойки (рис. 2.11).

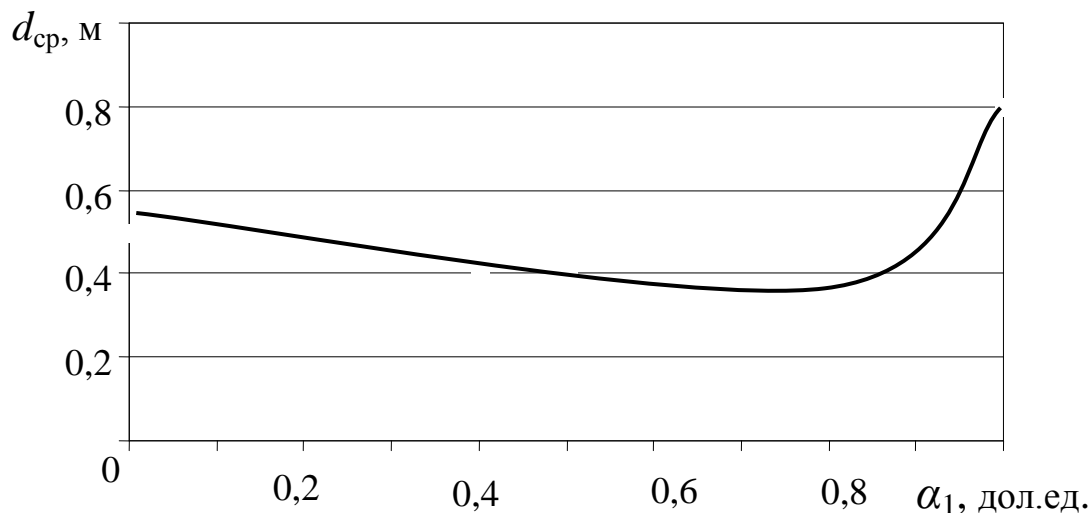


Рис. 2.11. Влияние объемного содержания воздуха в материале забойки на изменение среднего диаметра куска на поверхности развала пород средней крепости

С учетом возможности повышения качества подготовки горной массы и необходимости мероприятий по снижению отрицательных экологических последствий массовых взрывов, предложено наиболее реальное направление решения проблемы повышения качества взрывных работ. Это использование в качестве забойки пеногеля. Пеногелевая забойка обладает свойствами гидрогеля, наполненного пузырьками воздуха. Пузырьковая структура пеногеля при схлопывании пузырьков увеличивает импульс взрыва, усиливая фугасное действие взрыва и пылеподавления, поскольку содержит в своем составе воду.

Целесообразность применения пеногелевых составов обусловлена возможностью их приготовления из доступных пеногелеобразующих компонентов с помощью модернизированных осушающих машин, имеющих на разрезах. Модернизация заключается в том, чтобы использовать воду, удаляемую из взрывных скважин, для приготовления пеногеля.

Запирающий эффект пеногеля объясняется тем, что благодаря опережению распространения фронта волны напряжений по массиву вдоль образующей скважины относительно фронта волн, распро-

страняющихся в газожидкостной среде пеногеля, создаются условия для обжаривания скважины на некотором расстоянии от верхнего торца заряда ВВ. Запирание продуктов детонации на некоторый промежуток времени обеспечивает передачу энергии взрыва разрушаемому массиву.

За счет энергии взрыва пеногель смешивается с пылегазовым облаком в виде мелких капель и пузырьков, являющихся коагулянт-ом для пыли и нейтрализатором для ядовитых газов.

Преимущества пеногеля по сравнению с гидрогелем и водой в том, что даже при равных результатах по снижению пылегазовых выбросов необходимое количество исходных компонентов для приготовления пеногеля примерно в 8–10 раз меньше.

К *организационным методам* можно отнести планирование времени проведения взрывов в часы с наибольшей турбулентностью воздушных потоков и их направлением в сторону от населенных пунктов. Наличие нескольких разрезов вокруг г. Междуреченска вынуждает выбирать время проведения взрывов с учетом розы ветров таким образом, чтобы пылегазовое облако рассеивалось в направлении от города.

2.5. Запыленность воздуха при выемке и погрузке горной массы

Процесс экскавации горной массы из развала сопровождается выделением в атмосферу большого количества пыли (рис. 2.12). При погрузке горной массы запыленность воздуха в кабине экскаватора достигает 50–80 мг/м³, что примерно равно запыленности в забое.

На интенсивность пылевыведения оказывают влияние объем одновременно разгружаемой породы, высота разгрузки, угол поворота экскаватора. Запыленность воздуха изменяется почти в таких же соотношениях, как и объем одновременно разрушаемой породы. Завышение высоты разгрузки и угла поворота экскаватора ведет к увеличению запыленности воздуха.

Масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов [2]:

$$M_{\text{п}}^{\text{п}} = q_{\text{уд}}^{\text{п}} \left(3,6 \frac{EK_{\text{э}}}{t_{\text{ц}}} \right) T_{\text{г}} K_0 K_1 (1 - \eta) 10^{-3}, \quad (2.7)$$



Рис. 2.12. Эскавация горной массы

Таблица 2.5

Удельное пылевыведение при работе экскаваторов

Оборудование	Продолжи- тельность цикла $t_{ц}$, с	$q_{уд}$, г/м ³ , в зависимости от крепости f					
		породы					угля
		2	4	6	8	10	
Одноковшовые экскаваторы*:							
ЭКГ-5А	23	2,4	3,4	4,8	7,2	10,9	1,93
ЭКГ-8И	26	2,9	4,1	5,8	8,7	13,2	2,78
ЭКГ-10	26	3,1	4,4	6,3	9,4	14,3	2,84
ЭКГ-12,5	26	3,1	4,4	6,3	9,4	14,3	2,86
ЭКГ-15	28	3,8	5,4	7,6	11,4	17,3	2,84
ЭКГ-20	28	4,2	5,9	8,4	12,7	19,2	
ЭКГ-30	30	4,8	6,8	9,6	14,4	21,8	

* Приведенные значения $q_{уд}$ справедливы при погрузке экскаватором горной массы в автосамосвалы; при погрузке экскаваторами горной массы в думпкары значения $q_{уд}$ увеличиваются на 10 %.

где $q_{уд}^п$ – удельное выделение твердых частиц (пыли) с 1 м³ отгружаемого (перегружаемого) материала, г/м³ (табл. 2.5); E – вместимость ковша экскаватора, м³; $K_э$ – коэффициент экскавации (табл. 2.6); $t_ц$ – время цикла экскаватора, с (табл. 2.5); T_r – время работы экскаватора в течение года, ч (табл. 2.7); K_0 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (рис. 2.13); K_1 – коэффициент, учитывающий влажность горной массы (рис. 2.14); η – эффективность средств пылеподавления.

Таблица 2.6

Коэффициент экскавации $K_э$ (по ЕНВ 1989 г.)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность породы массиве, т/м ³	$K_э$	
		Прямая лопата	Драглайн
Уголь	1,6	0,91	0,83
Порода	2,5	0,6	0,58

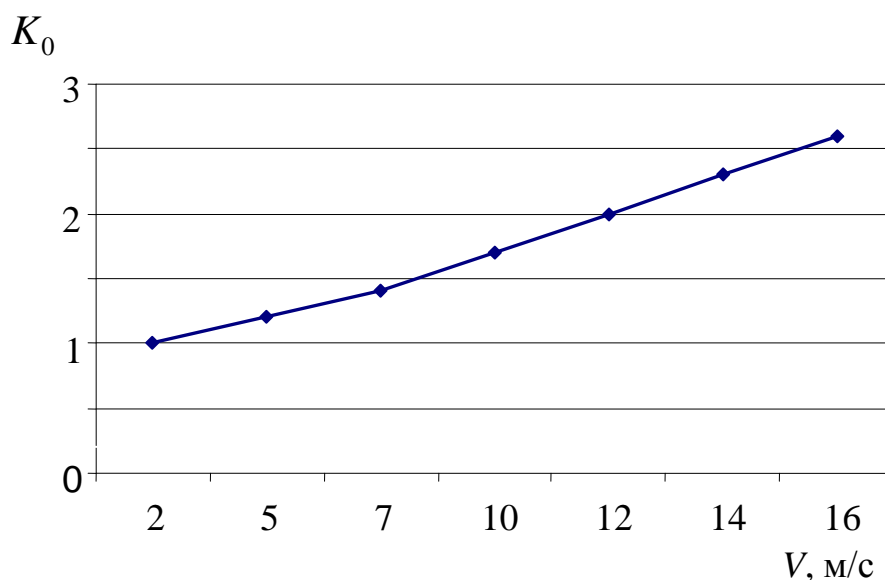


Рис. 2.13. Значение коэффициента K_0 , учитывающего скорость ветра

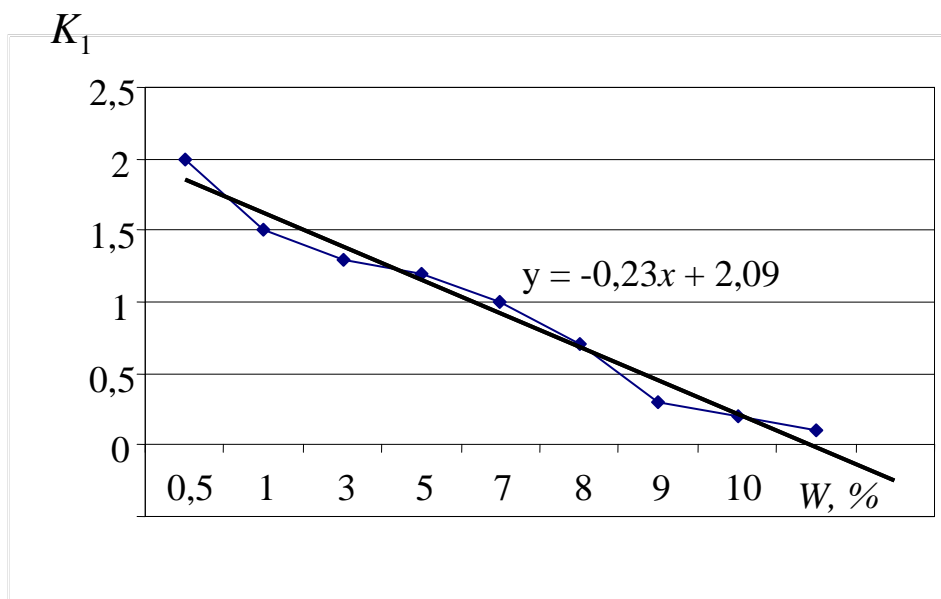


Рис. 2.14. Значение коэффициента K_1 , учитывающего влажность горной массы

Таблица 2.7

Число рабочих смен экскаватора в год по районам

Вместимость ковша экскаватора, м ³	Непрерывная рабочая неделя при работе в три смены по 8 часов			Прерывная рабочая неделя с одним выходным днем при работе в две смены по 12 часов		
	Северные	Средние	Южные	Северные	Средние	Южные
Мехлопата						
2,5–5	765	800	820	460	475	485
8–10	745	780	795	455	470	475
12,5	740	770	785	450	465	470
15	705	730	735	520	540	545
25	655	680	685	505	520	525

Основными способами снижения пылеобразования при выемке и погрузке горной массы являются:

- увлажнение разрыхленной горной массы в развале и в экскаваторном забое;
- пылеулавливание;
- предварительное увлажнение горной массы в массиве.

Увлажнение разрыхленной горной массы в развале осуществляется в основном с помощью передвижных вентиляционно-оросительных установок. В забое экскаватора используются гидро-

мониторнонасосные установки. При применении на карьере железнодорожного транспорта используется поезд, оснащенный гидромонитором ГМН-250, который может поворачиваться на 360° в горизонтальной плоскости и 120° – в вертикальной, и 5–6 цистернами общей вместимостью до 300 м^3 воды. Гидромониторные установки на базе автосамосвалов могут быть различной грузоподъемности (рис. 2.15). Дальнобойность струи достигает 60 м. Забой орошается в большей степени в его верхней части, а нижние слои увлажняются за счет стока воды к подошве. Эффективность пылеподавления поливом составляет до 90 %.



Рис. 2.15. Поливочная машина на базе БелАЗ-7548

Предварительное увлажнение целесообразно при разработке угольных пластов, не требующих рыхления взрывным способом. Вода, нагнетаемая в угольный пласт под давлением, проникает в трещины, разупрочняет пласт и увлажняет уголь и пыль. Расход воды при этом составляет около 180 л/м^3 массива.

2.6. Запыленность и загазованность атмосферы при транспортировании горной массы

При перемещении горной массы в атмосферу выделяются вредные вещества, характерные для применяемого вида транспорта. Поэтому способы снижения загрязнения атмосферы пылегазовыми выбросами при транспортировании карьерных грузов во многом определяются тем видом транспорта, который применяется на предприятии в конкретных условиях.

2.6.1. Запыленность атмосферы при перемещении горной массы автотранспортом

При перемещении горной массы *автотранспортом* основным источником пылевых выделений являются автодороги (линейный источник) и сдувание пыли с кузова, а загазованность атмосферы обуславливается выделением выхлопных газов от двигателя автомобиля. Интенсивность пылеобразования зависит от скорости движения, грузоподъемности, а также от состояния дороги и материала верхнего покрытия.

Масса годового образования пыли на автодорогах *при движении* автомобилей [3]:

$$M_{a_{дв}}^n = 2(q_B K_5 L_B + q_C L_C) n_p (365 - T_C) N_a 10^{-3}, \quad (2.8)$$

где K_5 – коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения автосамосвалов в карьере; q_B , q_C – удельное выделение пыли при прохождении одним автомобилем 1 км соответственно временной и стационарной дороги, кг/км (табл. 2.8); L_B , L_C – соответственно длина временных и стационарных дорог, км; n_p – число рейсов автосамосвала в сутки; T_C – годовое число дней с устойчивым снежным покровом; N_a – число автосамосвалов, шт.

Значения коэффициента K_5 в зависимости от средней скорости движения автосамосвала:

Средняя скорость движения автосамосвала, км/ч	5	10	20	30
K_5	0,6	1	2	3,5

Интенсивность выделения пыли при движении автомобилей по дороге

$$M_a^1 = 2(q_B K_5 L_B + q_C L_C) n_p^1 N_a / 3,6 \quad , \quad (2.9)$$

где n_p^1 – число рейсов автосамосвала в течение часа.

Таблица 2.8

Удельное выделение пыли на автодорогах при движении автомобилей

Покрытие дороги	Удельное выделение угольно-породной пыли при движении по дороге, q , кг/км				
	БелАЗ-7540	БелАЗ-7548	БелАЗ-7549	БелАЗ-7512	БелАЗ-75215
Щебеночное (Щ)	0,36	0,42	0,82	0,79	1,44
Грунтощебеночное (ГЩ)	0,53	0,61	1,20	0,99	1,94
Грунтовое в забое и на отвале (Г)	0,71	0,85	1,63	1,38	2,73

Масса пыли, сдуваемой с поверхности материала, транспортируемого автосамосвалами:

$$M_{сда}^П = q_{сда} S_a N_{ар} L_{тр} n_p^Г K_0 K_1 10^{-6} \quad , \quad (2.10)$$

где $q_{сда}$ – удельная масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м² поверхности горной массы, транспортируемой в кузове на расстояние 1 км, г/м²км (среднее значение $q_{сда}$ составляет 5 г/м²км); S_a – площадь поверхности транспортируемого материала в кузове автосамосвалов (она составляет для автомобилей: БелАЗ-7540 – 14 м²; БелАЗ-7548 – 17 м²; БелАЗ-7549 – 31 м²; БелАЗ-7512 – 42 м²; БелАЗ-75215 – 52 м²); $L_{тр}$ – расстояние транспортирования, км; $n_p^Г$ – число рейсов в год.

Пыление при железнодорожном транспорте в основном связано со сдуванием частиц пыли при перевозке горной массы в открытых думпкарах и выбросов вредных веществ при работе дизелей.

Масса вредных веществ, сдуваемых с поверхности материала, транспортируемого железнодорожным транспортом:

$$M_{сдв}^н = q_{сдв} S_B n_B N_{лс} L_{тр} n_{рлс} K_0 K_1 10^{-6} \quad , \quad (2.11)$$

где $q_{сдв}$ – удельная масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м^2 поверхности горной массы, транспортируемой в вагоне на расстояние 1 км , $\text{г}/\text{м}^2\text{км}$; $S_{в}$ – площадь поверхности транспортируемого материала в вагоне, м^2 . Значения этого показателя зависят от типов вагонов: для 2ВС-105 – $48,5 \text{ м}^2$; ВС-145 – $59,3 \text{ м}^2$; $n_{в}$ – число вагонов в поезде; $N_{лс}$ – число локомотивосоставов; $n_{рлс}$ – число рейсов локомотивосостава в год.

Интенсивность выброса пыли с поверхности материала, транспортируемого в автосамосвалах или в вагонах:

$$M_{сд}^1 = q_{сд} S N_p L_{тр} n_p K_0 K_1 / 3600 , \quad (2.12)$$

где S – площадь поверхности транспортируемого материала (автосамосвалом, в вагоне локомотивосостава), м^2 ; N_p – число работающих транспортных средств; n_p – число рейсов транспортного средства за 1 час .

Способы пылеподавления на автодорогах зависят от покрытия карьерных автодорог. Запыленность воздуха на автодорогах с твердым покрытием значительно меньше, чем на автодорогах без покрытия. Основная часть карьерных автодорог без твердого покрытия, поэтому задача состоит в том, чтобы связать пыль на таких дорогах. Для предупреждения пылевыделения и подавления пыли на автодорогах их орошают водой, раствором гигроскопических солей; обрабатывают поверхность дорог эмульсиями со связывающими веществами. В качестве связывающих добавок используются: хлористый кальций; сульфидно-спиртовая барда; отходы нефтепродуктов; специальные пылеподавляющие составы «Универсин», «Ниогрин», «Северин».

Для предотвращения загрязнения атмосферы при использовании **железнодорожного** транспорта применяют закрепление поверхности транспортируемой горной массы пылесвязывающими материалами, увлажняют водой и иногда используют укрытие пленкой.

При **конвейерном** транспорте для предотвращения сдувания пыли воздушными потоками с поверхности транспортируемого материала применяют различные укрытия конвейерных линий (галереи). Пункты перегрузки оборудуются аспирационными системами. Для большей эффективности снижения запыленности транспортируемый материал смачивают ПАВ.

2.6.2. Выбросы вредных веществ при сжигании топлива в двигателях автомобилей или тепловозов

При работе автомобиля или тепловоза можно выделить три режима работы дизельного двигателя:

холостой ход: автомобиль и тепловоз при погрузке, ожидании; для дизель-троллейвоза и тягового агрегата при погрузке, ожидании и на спуске, а также при движении под контактной сетью;

максимальное использование мощности двигателя: а) для автомобиля и тепловоза при движении на подъем и при движении груженого автомобиля (поезда) по горизонтальным и пологим участкам трассы в забое и на отвале; б) для дизель-троллейвоза и тягового агрегата – при движении груженого дизель-троллейвоза (поезда) по горизонтальным и пологим участкам в забое и на отвале;

частичное использование мощности двигателя (40 %) – при движении всех видов автомобилей и локомотивосоставов по горизонтальным участкам трассы в порожнем состоянии.

Наиболее опасными из газообразных выбросов являются нормируемые вредные вещества: оксиды азота NO_x в пересчете на NO_2 ; оксид углерода – CO ; углеводороды CH – пары несгоревшего топлива и смазочного масла в пересчете на $\text{CH}_{1,85}$; частицы – твердого углерода – C .

Масса годового выброса вредных веществ от сжигания топлива в двигателях автомобилей или тепловозов:

$$M_{a(T)}^{\Gamma} = \sum_{i=1}^n m_{a(T)i}, \quad (2.13)$$

где n – общее число примесей, выбрасываемых в атмосферу; i – вид примесей, выбрасываемых источником ($i = 1, \dots, n$); $m_{a(T)i}$ – масса i -го вредного вещества, выделяемого при работе автомобиля (тепловоза), которую можно определить

$$m_{a(T)i} = m_{ik} n_{\Gamma} N_{a(L)} k_t k_{\text{TC}} 10^{-3}, \quad (2.14)$$

где m_{ik} – масса i -го вредного вещества, выделяемого двигателем при работе на различных режимах, кг/сут; k – режим работы двигателя; n_{Γ} – число дней работы машины в течение года (принять 190 дней); $N_{a(L)}$ – число работающих автосамосвалов (локомотивосо-

ставов); k_t – коэффициент влияния климатических условий работы (для тепловозов в районах севернее 60° северной широты $k_t = 0,8$. Для остальных районов для любого вида транспорта принимается равным 1); k_{TC} – коэффициент, зависящий от продолжительности эксплуатации и технического состояния парка (для тепловозов и автосамосвалов со сроком эксплуатации менее двух лет принимается равным 1, при сроке эксплуатации более двух лет принимается равным 1,2).

Масса i -го вредного вещества, выделяемого при работе на k -м режиме:

$$m_{ik} = \sum_{i=1}^3 q_{ik} t_k, \quad (2.15)$$

где q_{ik} – удельный выброс i -го вредного вещества при работе двигателей на k -м режиме дизельных двигателей тепловозов и тяговых агрегатов (табл. 2.9) и автомобилей (табл. 2.10); t_k – время работы двигателя на k -м режиме в сутки, ч.

Таблица 2.9

Удельные выбросы вредных веществ дизельными двигателями тепловозов и тяговых агрегатов

Тяговый агрегат или тепловоз (двигатель)	Вредное вещество	q_{ik} , кг/ч, при различных режимах работы		
		холостой ход	40 % мощности	максимальная мощность
ОПЭ-1 (14ДГУ-2)	СО	0,442	1,603	2,714
	NO _x	0,383	6,105	10,829
	СН	0,081	0,642	1,085
	С	0,027	0,208	0,353
ТЭМ-7, ТЭМ-7А (12-6ДГ)	СО	0,424	1,508	2,574
	NO _x	0,313	6,139	10,666
	СН	0,034	0,603	1,07
	С	0,011	0,193	0,347

Ориентировочное время работы двигателей на разных режимах можно найти из соотношений:

Вид транспорта.....	Автосамосвалы	Тепловозы
Холостой ход, %.....	37–40	55–60
40 % мощности, %.....	13–15	20–23
Максимальная мощность, %...	50–45	20–22

Таблица 2.10

**Удельные выбросы вредных веществ дизельными двигателями
автомобилей**

Автомобиль и двигатель	Вредное вещество	q_{ik} , кг/ч, при различных режимах работы		
		на холостом ходу	40 % мощности	максимальная мощность
БелАЗ-7540 (ЯМЗ-240ПМ2) (30 т)	CO	0,160	0,219	0,519
	NO _x	0,115	0,963	1,767
	CH	0,044	0,087	0,161
	C	0,005	0,024	0,052
БелАЗ-7548 (ЯМЗ-8401.10-02) (42 т)	CO	0,190	0,261	0,617
	NO _x	0,130	1,148	2,105
	CH	0,052	0,104	0,192
	C	0,009	0,034	0,052
БелАЗ-7549 (6ДМ-21А) (80 т)	CO	0,371	0,488	0,895
	NO _x	0,254	2,148	3,398
	CH	0,098	0,195	0,358
	C	0,017	0,053	0,116
БелАЗ-7512 (8ДМ-21А) (120 т)	CO	0,494	1,081	1,108
	NO _x	0,363	2,560	4,876
	CH	0,121	0,242	0,443
	C	0,023	0,079	0,144
БелАЗ-75215 (12ЧН1А26/26) (180 т)	CO	0,874	1,413	1,961
	NO _x	0,642	4,706	8,605
	CH	0,214	0,427	0,804
	C	0,069	0,139	0,255

Эффективность газоподавления каталитическими нейтрализаторами достигает 80 %. В идеальных условиях при работе двигателя внутреннего сгорания и дизельного двигателя должно выделяться незначительное количество вредных газов.

2.7. Загрязнение атмосферы при отвалообразовании

При отвалообразовании создаются поверхности, являющиеся мощными источниками пылеобразования. Породные отвалы относятся к неорганизованным источникам загрязнения атмосферного воздуха на угольном разрезе. На откосах и на площадках отвалов

оседает пыль, выделяющаяся при выполнении основных производственных процессов. При сухой ветреной погоде пыль с этих поверхностей поднимается в воздух и разносится на большие расстояния.

Массу пыли, образующейся на отвалах вскрышных пород и выбрасываемой в атмосферу, определяют как сумму выбросов пыли при формировании отвала и при сдувании твердых частиц с пылящей поверхности [3]:

$$M_{от}^п = (M_{зв} + M_{сот}^c + M_{д}^c)(1 - \eta), \quad (2.16)$$

где $M_{зв}$ – масса твердых частиц, выделяющаяся в зоне выгрузки пород из транспортного средства, т/год; $M_{сот}^c$ – масса твердых частиц, сдуваемая со свежесыпанного отвала за год, т/год; $M_{д}^c$ – масса твердых частиц, сдуваемая с поверхностей отвала, т/год; η – коэффициент эффективности средств пылеподавления.

При автомобильном и железнодорожном транспорте вскрыши масса вредных пыли на отвале в зоне выгрузки складывается из массы пыли, образующейся в момент выгрузки из вагона или самосвала, и пыли, образующейся при складировании вскрышных пород:

$$M_{зв(ж.д., а)} = q_i P_{от} K_0 K_1 10^{-6}, \quad (2.17)$$

где q_i – удельное выделение твердых частиц с поверхности породы, разгружаемой из транспортного средства и складированной в отвал (табл. 2.11), г/м³; $P_{от}$ – объем породы, транспортируемый на отвал, м³/год; K_0, K_1 – коэффициенты, учитывающие влажность материала и скорость ветра.

Таблица 2.11

Удельное выделение твердых частиц при формировании отвала

Наименование оборудования	Удельное пылевыведение q_i , г/м ³
Драглайн ЭШ-15/90, 20/90	18,0
Драглайн ЭШ-10/70	26,6
Драглайн ЭШ-4/40, ЭШ-5/45	64,0
Разгрузка автосамосвала	10,0
Разгрузка думпкара	10,0
Бульдозер	5,6

Удельное выделение твердых частиц при формировании отвала q_i будет складываться из составляющих при разгрузке породы из самосвала или думпкара и перемещении ее бульдозером или экскаватором (рис. 2.16).

a



б



Рис. 2.16. Формирование: а – автоотвала; б – железнодорожного отвала

Для мехлопат, работающих на отвале, с аналогичной драглайну вместимостью ковша удельное выделение твердых частиц принимается в два раза меньше, чем для драглайна.

Масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м^2 площади свежесыпанного отвала:

$$M_{\text{сот}}^c = 86,4q_{\text{отв}} S(365 - T_c)K_0 10^{-6}, \quad (2.18)$$

где $q_{\text{отв}}$ – удельная сдуваемость твердых частиц с пылящей поверхности свежесыпанного отвала (табл. 2.12), мг/м²с; T_c – годовое число дней с устойчивым снежным покровом, дн.; S – площадь отвала, отсыпанного в течение года, м².

Масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м² поверхности отвала:

$$M_d^c = 86,4q_{\text{отв}}S_{\text{п}}(365 - T_c)K_0K_310^{-6}, \quad (2.19)$$

где $S_{\text{п}}$ – площадь поверхности отвала, м²; K_3 – коэффициент, учитывающий эффективность сдувания твердых частиц с поверхностей отвала (равен 0,2 в первые три года после прекращения отсыпки отвала, 0,1 – в последующие годы до полного озеленения поверхности отвала).

Таблица 2.12

Удельная сдуваемость пыли с поверхности отвала

Приземная скорость ветра, м/с	$q_{\text{отв}}$, мг/(м ² с), при высоте отвала, м			
	10	50	100	150
5	3,7	9,3	13,8	17,4
8	14,3	35,8	53,3	67,3
10	26,7	68,2	100,9	127,1

Снижение запыленности при отвалообразовании. Основным способом пылеподавления при разгрузке горной массы и укладке ее в отвал является увлажнение водой. Наиболее эффективен гидропосев трав, когда с водой рассеиваются семена травы, закрепляющей корнями поверхность отвала.

Для предотвращения сдувания пыли с поверхности отвалов и откосов проводились эксперименты по орошению 1%-ным раствором полиакриламида. При этом способе пыль связывается в корку, а при использовании 20%-ного раствора битумной эмульсии на поверхности образуется пленка. Возможно использовать латексы, состоящие из водного раствора каучука и сыворотки. Эти составы связывают частицы пыли в укрупненные агрегатные группы, придавая стойкость к ветровой эрозии. Эффективность мероприятий достигает 85–90 %.

Загрязнение атмосферы, вызванное эндогенными пожарами в отвалах. Источниками выделения в атмосферу вредных газов являются эндогенные пожары, возникающие при открытой добыче угля, серы, сланцев и др. твердых горючих ископаемых в условиях,

благоприятных для концентрации тепла, например в отвалах, трещинах горного массива, целиках угля, породно-угольных осыпях. Самовозгорание обуславливается химической активностью материала, притоком воздуха и накоплением тепла, образующегося в результате окисления.

Факторами, способствующими самовозгоранию, являются влажность угля и воздуха, скорость движения воздуха, атмосферное давление, размер фракций и их форма. Указанные факторы обуславливают так называемый инкубационный период или иными словами период самовозгорания.

Самовозгорание органических веществ в породных отвалах наиболее характерно для условий, когда их содержание превышает 10 % от общего объема горной массы. Основными вредными газами, выделяющимися в атмосферу карьера при пожарах, являются окись и двуокись углерода (CO и CO_2); сернистый газ (SO_2); оксиды азота (NO_x); сероводород (H_2S) и др.

Профилактика возникновения эндогенного пожара на отвале состоит в том, чтобы при формировании отвала, в который попадает породно-угольная масса, склонная к самовозгоранию, проводить изоляцию откоса отвала слоем инертного материала, например глины, с последующим нанесением потенциально плодородного слоя.

Другим из известных способов тушения пожаров на породных отвалах является заполнение трещин на поверхности отвала гидроизолирующим материалом, например пеплом (золоунос) тепловых электростанций. Пепел обладает свойствами низкомарочного цемента. При проникновении в межкусковое пространство водный раствор золоуноса заполняет пустоты, предотвращая фильтрацию воздушного потока по массиву отвала, и цементирует между собой отдельные куски, упрочняя борт отвала, исключая его оползание.

Известно применение антипирогенов, т. е. веществ, позволяющих увеличить в 1,5–2 раза срок инкубационного периода самовозгорания угля.

2.8. Пылеобразование при складировании угля

Как правило, добытое полезное ископаемое, в т. ч. уголь, вывозится или транспортируется с помощью конвейеров на склад. В большинстве своем склады угля создают отвального типа. Опера-

ции, связанные со складированием угля, сопровождаются интенсивным пылеобразованием.

На угольном складе влажность угля меньше, чем в целике, площадь открытых поверхностей также значительно выше, поэтому пылеобразование со складов угля наносит значительный вред атмосфере. Для снижения вредного влияния на окружающую среду склады могут быть оборудованы защитными противопылевыми оградками (железобетонными стенами) либо окружены полосами зеленых насаждений, лучше хвойных, т. к. лиственные мало эффективны в зимний период. Выбросы твердых частиц в атмосферу с открытых складов угля при формировании штабеля склада угля и погрузке угля со склада в транспортные сосуды определяются как сумма выбросов при формировании склада и при сдувании с их поверхности и отгрузке угля со склада.

Количество твердых частиц, выделяющихся в процессе формирования открытого склада угля, определяется по формуле [3]

$$M_{\text{ск}}^{\text{ф}} = K_0 K_1 K_4 K_5 q_{\text{раз}}^{\text{ск}} P_y (1 - \eta) 10^{-6}, \quad (2.20)$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий скорость ветра; K_1 – коэффициент, учитывающий влажность угля; K_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности (принимается в соответствии с табл. 2.13); K_5 – коэффициент, учитывающий высоту разгрузки, пересыпки материала (табл. 2.14); $q_{\text{раз}}^{\text{ск}}$ – удельное выделение твердых частиц при разгрузке угля, поступающего на склад, г/т (при авто- и железнодорожном транспорте $q_{\text{раз}}^{\text{ск}}$ принимается равным 1,35–1,43 г/т, а для конвейера $q_{\text{раз}}^{\text{ск}} = 3,0$ г/т); P_y – количество угля, поступающего на склад, т/год.

Таблица 2.13

Изменение значения коэффициента K_4 в зависимости от условий

Местные условия	Значение коэффициента, K_4
Склады, хранилища открытые:	
- с 4-х сторон	1,0
- 3-х сторон	0,8
- 2-х сторон полностью	0,6
- 2-х сторон частично	0,5
- 1-й стороны или закрыт с 4-х сторон	0,1

Таблица 2.14

Зависимость коэффициента K_5 от высоты падения материала

Высота падения материала, м	Значение коэффициента, K_5
0,5	0,4
1,5	0,6
2,0	0,7
4,0	1,0
8,0	2,0
10,0	2,5

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности открытых складов угля, определяется по формуле

$$M_{\text{ск}}^{\text{с}} = 31,5 K_0 K_4 K_6 K_7 q_{\text{пов}}^{\text{ск}} S_{\text{ос}} (1 - \eta) 10^3, \quad (2.21)$$

где K_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности склада (значение $K_6 = 1,3–1,6$ в зависимости от крупности материала); $S_{\text{ос}}$ – площадь основания склада угля, м^2 ; $q_{\text{пов}}^{\text{ск}}$ – удельная сдуваемость твердых частиц с поверхности склада угля, $\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$ (табл. 2.15); K_7 – коэффициент измельчения угля (принять $K_7 = 0,1$).

Таблица 2.15

Удельное сдувание пыли с поверхности склада угля

Наименование объекта	$q_{\text{пов}}^{\text{ск}} \cdot 10^{-6}$, $\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$, в зависимости от скорости ветра, $\text{м}/\text{с}$		
	до 4	6–8	10 и больше
Склад	0,4–1,0	18–50	100–350

2.9. Пылегазовыделение объектами промплощадки

Объекты технологического комплекса промплощадок разрезов являются одними из источников загрязнения атмосферного воздуха пылегазовыми выбросами.

На промплощадке разреза, как правило, располагаются котельная, автотракторный парк, сортировка или обогатительный комплекс и т. п.

Общими направлениями сокращения выбросов в атмосферу объектами техкомплекса промплощадок карьеров являются:

1. Усовершенствование и упрощение технологических процессов, обеспечивающих уменьшение выбросов вредных веществ.
2. Очистка пылегазовых выбросов.
3. Четкий контроль за исправностью пылегазоочистительных устройств.

Одним из основных источников пылегазовых выбросов являются котельные, которые, как правило, обеспечивают теплом технологический комплекс и прилегающий к разрезу жилой массив. Котельные угольного разреза работают на твердом топливе. Причем, при выработке необходимого количества тепла небольшие маломощные котельные загрязняют атмосферу значительно больше, чем один котлоагрегат, равный их суммарной мощности.

Для снижения пылегазовых выбросов на маломощных котельных рекомендуется использовать облагороженное топливо, т. е. гранулированное, брикетированное, обезжиренное и т. д.

Количество отходящих вредных веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах зависит от типа топлива, топочного устройства и определяется по формуле [3]

$$M_{\text{отх}}^{\text{к}} = q_{\text{уди}}^{\text{к}} B 10^{-3}, \quad (2.22)$$

где $q_{\text{уди}}^{\text{к}}$ – удельное выделение i -го вредного вещества при сжигании топлива (твердые частицы, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота), кг/т; B – количество сжигаемого топлива, т/год.

Удельное выделение вредных веществ определяется по формуле

$$q_{\text{уди}}^{\text{к}} = \frac{q_i^{\text{к}}}{v_{\text{ф}}}, \quad (2.23)$$

где $q_i^{\text{к}}$ – количество выделяемого i -го вредного вещества, кг/ч; $v_{\text{ф}}$ – фактический расход топлива, т/ч.

Количество выделяемого i -го вредного вещества определяется по формуле

$$q_i^{\text{к}} = C_i V 10^{-3}, \quad (2.24)$$

где C_i – концентрация вредного i -го вещества в дымовых газах, г/м³ (приведенная к нормальным условиям); V – расход дымовых газов, м³/ч (приведенный к нормальным условиям).

Концентрация вредного вещества определяется с помощью приборов. Расход дымовых газов зависит от конструкции топки.

Перед выбросом в атмосферу загрязненный воздух, удаляемый от пылящих агрегатов, должен быть очищен от пыли и золы. Остаточное содержание пылегазовых составляющих в приземном слое не должно превышать ПДК.

Количество уловленных вредных веществ определяется по формуле

$$M_{\text{улов}}^{\text{к}} = M_{\text{отх}}^{\text{к}} (1 - \eta), \quad (2.25)$$

где η – коэффициент полезного действия улавливающей установки, дол. ед.

Количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу определяется разницей между количеством отходящих и уловленных вредных веществ.

2.10. Санитарно-защитная зона горного предприятия

Санитарно-защитные зоны (СЗЗ) организуются вокруг горных выработок, отвалов, складов угля, обогатительных фабрик, котельных и других источников вредных пылегазовых выбросов (рис. 2.17). СЗЗ вокруг объектов горного производства принимается в соответствии с санитарными нормами. При проектировании угольных разрезов СЗЗ принимается равной 500 м. Размеры СЗЗ уточняются расчетом загрязнения атмосферы пылегазовыми выбросами, допустимыми расстояниями от источников, ударных и сейсмических волн с учетом среднегодовой розы ветров.

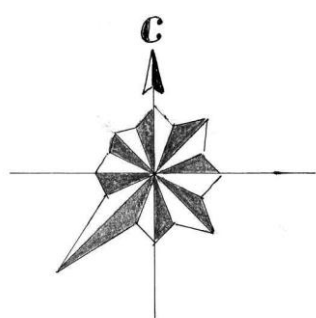
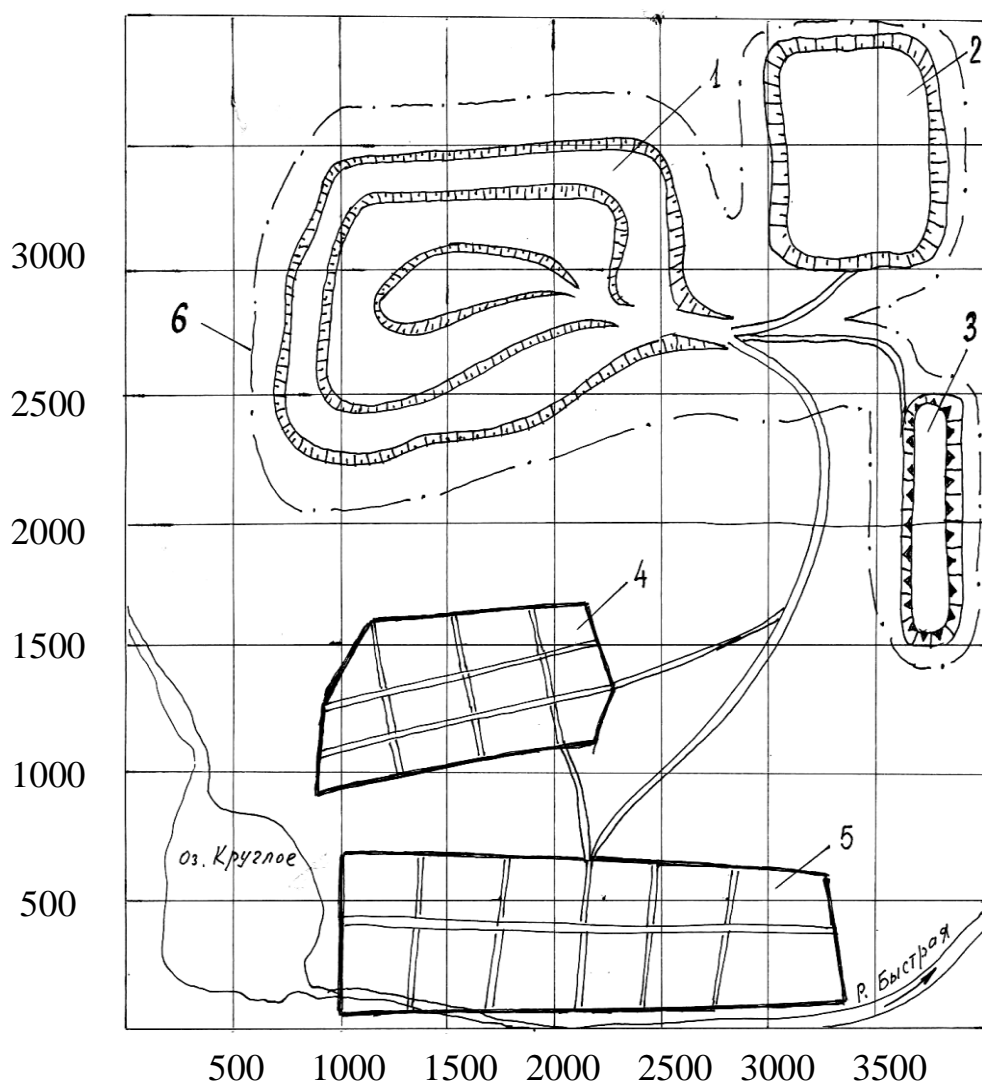
Расчет ширины зоны загрязнения в период между массовыми взрывами производится по формуле [11]

$$X_{\text{сзз}}^{\text{к}} = 2,66 \frac{g_{\text{к}}}{C_{\text{д}} \Psi_{\text{гр}} L V_0 - \frac{v}{\Psi_{\text{гр}}}}, \quad (2.26)$$

где $g_{\text{к}}$ – интенсивность выделения вредных примесей угольным разрезом в воздушную среду, мг/с:

$$g_{\text{к}} = \sum_{i=1}^n g_{\text{пi}}^{\text{э}} N_{\text{эi}} + \sum_{i=1}^n g_{\text{пi}}^{\text{бс}} N_{\text{бси}} + \sum_{i=1}^n g_{\text{пi}}^{\text{а}} N_{\text{аi}}, \quad (2.27)$$

где $g_{\text{пi}}^{\text{э}}$, $g_{\text{пi}}^{\text{бс}}$, $g_{\text{пi}}^{\text{а}}$ – интенсивность пылевыведения при работе экскаватора, бурового станка, автосамосвала, мг/с; $N_{\text{эi}}$, $N_{\text{бси}}$, $N_{\text{аi}}$ – количество экскаваторов, буровых станков, автосамосвалов



Условные обозначения:

- 1 – угольный разрез; 2 – внешний отвал;
- 3 – склад угля; 4 – промплощадка;
- 5 – поселок; 6 – граница санитарно-защитной зоны

рис. 4.17. Ситуационная карта-схема территории, прилегающей к угольному разрезу

соответственно, шт.; C_d – предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных примесей, $\text{мг}/\text{м}^3$; $\psi_{гр}$ – безразмерный параметр, численно равный тангенсу бокового угла раскрытия факела распространения примесей ($\psi_{гр} = 0,122V + 0,22$), – при рециркуляционной

схеме проветривания; ($\psi_{гр} = 0,045V + 0,22$) – при прямоточной схеме проветривания, где V – скорость воздушного потока у источника загрязнения, м/с. Рекомендуется принять при рециркуляционной схеме проветривания $V = 0,3V_0$, а при прямоточной схеме проветривания $V = 0,5V_0$); e – высота над поверхностью земли на уровне верхней бровки наветренного борта, до которого будут выделяться вредные примеси из разреза в окружающую среду.

$$e = \frac{Q}{LV_0}, \quad (2.28)$$

где L – средняя протяженность разреза в направлении, перпендикулярном направлению ветра, м; V_0 – скорость ветра на поверхности, м/с; Q – расход воздуха на проветривание разреза, м³/с:

- при прямоточной схеме проветривания ($\beta < 15^\circ$ и $V_0 > 1$ м/с)

$$Q = 0,462HV_0L, \quad (2.29)$$

- при рециркуляционной схеме проветривания ($\beta > 15^\circ$ и $V_0 > 1$ м/с)

$$Q = 0,67HV_0L \left(\frac{p + \text{ctg}\beta}{3,73 - \text{ctg}\gamma} \right), \quad (2.30)$$

где H – глубина разреза, м; β , γ – углы откоса подветренного и наветренного бортов разреза соответственно, град; p – коэффициент пропорциональности.

$$p = L_d / H, \quad (2.31)$$

где L_d – протяженность разреза по дну в направлении, попутном направлению ветра, м.

Величина санитарно-защитной зоны для экскаваторного или бульдозерного отвала (склада угля) определится по формуле

$$X_{сзз_{о(ск)}} = \exp \left\{ \frac{(0,006H_{о(ск)} + 7,01) - \ln \frac{C_{д(о;ск)}}{q_{о(ск)}}}{0,0036H_{о(ск)} + 2,7} \right\}, \quad (2.32)$$

где $C_{д(о;ск)}$ – предельно допустимая концентрация пыли, выделяющейся с отвала или угольного склада соответственно, мг/м³;

$q_{o(ск)}$ – интенсивность пылевыведения отвалом (складом угля), мг/с; $H_{o(ск)}$ – высота отвала (склада угля), м.

Санитарно-защитная зона горного предприятия наносится на ситуационный план для получения наглядной картины влияния производства на окружающую среду.

2.11. Контроль состояния атмосферного воздуха

На предприятиях по добыче и переработке полезных ископаемых ведется контроль за качеством атмосферного воздуха. Задачи отраслевого контроля за выбросами в атмосферу состоят в контроле за уровнем выбросов вредных веществ, т. е. загрязнением атмосферного воздуха на территории промплощадки и в санитарно-защитной зоне предприятия, а также в участии при разработке планов и мероприятий по охране воздушного бассейна и контролю за их реализацией.

Состав показателей, методика наблюдений и обработка результатов стандартизированы ГОСТ 17.2.3.01–86.

Для контроля и наблюдения за параметрами атмосферы устанавливаются посты, которые подразделяются на три категории:

- стационарные (для долговременных наблюдений);
- маршрутные (для регулярного отбора проб в фиксированной точке с передвижных пунктов);
- подфакельные (передвижной пост для отбора проб под дымовым или газовым факелом с целью выявления зоны воздействия данного источника).

Наблюдения за изменениями состава атмосферы ведутся по полной, неполной и сокращенной программам.

По полной программе наблюдения ведутся в автоматическом режиме постоянно. Сокращенная программа предусматривает определение разовых концентраций ежедневно утром в 7 ч и днем в 13 ч местного времени. Отбор проб проводится на высоте 1,5–3,5 м от поверхности земли. Согласно СН-245-71 выбросы в атмосферу лимитируются величинами, которые при рассеивании в атмосфере не превышали:

- на территории предприятия – 0,3 ПДК рабочей зоны;

- в населенном пункте – ПДК максимально разовой и в курортной зоне 0,8 ПДК максимально разовой для населенного пункта.

Для определения содержания вредных веществ в атмосфере используются средства контроля (приборы).

Для непрерывного отбора проб с автоматическим измерением концентрации вредных примесей в атмосфере NO, NO₂, CO, SO₂, NH₃, CH существует стационарная станция контроля промышленных выбросов, например СКПВ-1 и др.

В настоящее время разработана стационарная лидарная система для контроля и регистрации массовой концентрации аэрозоля в атмосфере в радиусе 2–8 км (рис. 2.18).

Техническая характеристика лидара «ЛЮЗА»

- диаметр регистрируемых частиц 0,5–5,0 мкм;
- пространственное разрешение не хуже 5 м;
- длительность импульса 10 нс;
- диаметр телескопической антенны 0,3 м;
- потребляемая мощность 2 кВт.

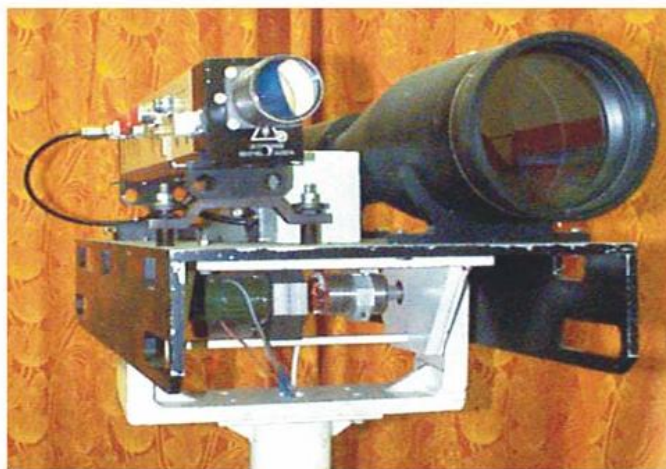


Рис. 2.18. Внешний вид лидара «ЛЮЗА»

2.12. Укрупненная экономическая оценка экологического ущерба от загрязнения атмосферы

Укрупненная экономическая оценка экологического ущерба предназначена для определения эффективности природоохранных программ. Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения атмосферы представляет собой оценку в денежной форме возможных отрицательных последствий, которых удалось избежать в ре-

зультате природоохранной деятельности, направленной на сохранение или улучшение качественных и количественных параметров, определяющих экологическое состояние окружающей природной среды.

Оценка величины предотвращенного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух может определяться по формуле [9]

$$Y_{\text{ат}} = 1,2\gamma(M_{1\text{ат}} - M_{2\text{ат}}), \quad (2.33)$$

где 1,2 – коэффициент экологической значимости состояния атмосферного воздуха; γ – удельный ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (для Кемеровской обл. 46,6 тыс. руб./усл. т); $M_{1\text{ат}}, M_{2\text{ат}}$ – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ соответственно на начало и конец расчетного периода после внедрения мероприятий по снижению выбросов, усл. т.

$$M_1(M_2)_{\text{ат}} = \sum_{i=1}^n m_i K_{\text{эiат}}, \quad (2.34)$$

где m_i – масса выброса в атмосферу i -го загрязняющего вещества, т/год; $K_{\text{эiат}}$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i -го загрязняющего вещества (табл. 2.16); n – количество учитываемых загрязняющих веществ.

Таблица 2.16

Показатели эколого-экономической опасности вредных веществ

№ п/п	Загрязняющее вещество	$K_{\text{эiат}}$
1	Оксид углерода CO	0,4
2	Оксид азота NO _x	16,5
3	Сернистый ангидрид SO ₂	20,5
4	Твердые вещества	2,7

Контрольные вопросы

1. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся буровые станки?
2. Меры по снижению выбросов пыли при буровых работах.
3. Какие факторы влияют на количество выделения пыли при буровых работах?

4. Как влияет кислородный баланс ВВ на выделение вредных веществ при взрыве?
5. Меры по снижению пылегазовых выбросов при взрывных работах.
6. Какие факторы влияют на выделение пылегазовых выбросов при взрывных работах?
7. Какие вредные выбросы в атмосферу разреза происходят во время взрыва?
8. Что выделяется в атмосферу разреза из взорванной горной массы?
9. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся массовые взрывы?
10. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся выемочно-погрузочные работы?
11. От чего зависит запыленность в забое экскаватора при погрузке горной массы?
12. Какие факторы влияют на удельное выделение пыли при экскавации горной массы?
13. Какие мероприятия используются для снижения пылевыведения при экскавации горной массы?
14. От каких факторов зависит загрязнение атмосферы при работе транспортных средств, перевозящих горную массу?
15. Какие вредные примеси выбрасываются в атмосферу при перевозке горной массы автотранспортом?
16. Какие вредные примеси выбрасываются в атмосферу при перевозке железнодорожным транспортом?
17. Из каких составляющих складывается загрязнение атмосферы пылью при работе автотранспорта?
18. Какие можно выделить режимы работы дизеля при перевозке горной массы?
19. Что такое санитарно-защитная зона горного предприятия?

3. ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

3.1. Поверхностные и подземные воды как природные ресурсы

Природные воды формируются под влиянием естественных процессов при отсутствии антропогенного воздействия и подразделяются на атмосферные, поверхностные и подземные.

Атмосферные осадки в виде дождей или растаявшего снега стекают по дневной поверхности суши, образуя **поверхностные воды**, которые скапливаются в виде водных объектов, в т. ч.: водотоков (рек); водоемов (озер, водохранилищ); морей; ледников (материковых и горных). Основная масса воды гидросферы сосредоточена в мировом океане (1370 млн. км³ или 94 %). На долю льда, снега приходится 1,65 % или 24 млн. км³, и в поверхностных водах, т. е. озерах, реках, болотах сосредоточено всего около 0,04 % или 0,5 млн. км³. Часть поверхностных вод инфильтруется в грунт и переходит в **подземные воды**. К *подземным* водам относятся воды, которые накапливаются и перемещаются в порах, трещинах или пустотах горных пород земной коры. Подземные воды – воды литосферы составляют примерно 4,1 % от общего объема гидросферы, это около 61,4 млн. км³. В связи с загрязнением многих источников поверхностных вод роль подземных вод резко возрастает. Так в системах питьевого водоснабжения многих европейских стран более 75 % составляют подземные воды.

Различают три вида подземных вод:

1. Верховодка, располагающаяся в самой верхней части земной коры на небольших глубинах.
2. Грунтовые воды, залегающие на относительно небольших глубинах в первом от земной поверхности водоупорном горизонте, состоящем из водонепроницаемых пород (безнапорные воды);
3. Артезианские воды, залегающие на большой глубине в водоносных горизонтах, перекрытых сверху и снизу водоупорными слоями (как правило, это напорные воды).

Водные ресурсы включают в основном пригодные для использования воды. Ресурсы пресных вод составляют около 2 % от объема гидросферы. На долю доступных для использования пресных вод приходится всего лишь 0,3 %.

Водные ресурсы представлены *вековыми* запасами и *возобновляемыми* ресурсами.

Вековые запасы пресных вод суши – это воды, находящиеся единовременно в озерах, реках, ледниках, водоносных горизонтах горных пород. **К возобновляемым водным ресурсам** относятся те, которые ежегодно возобновляются в процессе круговорота воды. Оценка возобновляемых водных ресурсов обычно осуществляется по среднегодовому стоку, который составляет около 36 % от общего объема выпавших осадков на поверхности суши.

3.2. Водный баланс

Для решения хозяйственных, природоохранных и социальных задач водопользователями составляется и анализируется водный баланс, который охватывает соотношения между атмосферными осадками, поверхностными и подземными стоками.

В современных условиях комплексное использование воды называют водопользованием.

Анализ водохозяйственного баланса проводится на трех уровнях:

- по отдельным водопользователям;
- по отдельным водохозяйственным районам;
- в целом по стране.

Анализ выявляет требования к количеству и срокам использования воды.

Водохозяйственные балансы составляются отдельно по поверхностным и подземным водам.

Баланс подземных вод должен удовлетворять условию

$$Q_e - Q_3 > 0,$$

где Q_e – естественные ресурсы подземных вод (прогноз), м^3 ; Q_3 – суммарный запас подземных вод (разведанные и подсчитанные), м^3 .

Водохозяйственный баланс поверхностных вод рассчитывается из условия

$$B = C - \Delta C - \psi - C_T \pm \Delta V,$$

где C – объем стока с рассматриваемой территории, м^3 ; ΔC – объем стока, формирующийся на рассматриваемом участке, м^3 ; ψ – потребление воды на этом участке, м^3 ; C_T – требуемый транзитный сток, обеспечивающий судоходство, рыбное хозяйство и разбавле-

ние сточных вод в интересах санитарии; ΔV – наполнение или обезвоживание водохранилища, обеспечивающего запасы воды, м³.

При $B < 0$ отмечается дефицит ресурсов воды, который можно устранить путем регулирования стока или его перераспределением и сокращением подачи воды менее ответственным потребителям.

Водообеспеченность населения и народного хозяйства характеризуется коэффициентом использования водных ресурсов $K_{и.в.р}$

$$K_{и.в.р} = \frac{(Q_3 - Q_c)100}{Q},$$

где Q_3, Q_c – количество воды, забираемой и сбрасываемой в водные объекты; Q – водный ресурс при соответствующей расчетной обеспеченности.

Расчетная обеспеченность водного ресурса принимается в зависимости от требований бесперебойной подачи воды потребителям:

для 1-й категории потребителей надежность подачи 95 %;

для 2-й категории потребителей надежность подачи 90 %;

для 3-й категории потребителей надежность подачи 85 %.

По международным стандартам коэффициент использования водных ресурсов характеризует следующие положения с водоснабжением:

1. Если используется менее 10 % суммарного стока, то потребности в воде удовлетворяются без затруднений.

2. При $K_{и.в.р} \leq 20$ % необходимы ограничения водопользования.

3. Если $K_{и.в.р} > 20$ %, то водоснабжения не достаточно.

3.3. Оценка обводненности месторождений

При разработке угольного месторождения открытым способом вскрываются водоносные горизонты, в результате чего по всему периметру через борта карьера происходит фильтрация воды в выработанное пространство. Обводненность вскрышных пород и угольных пластов осложняет ведение горных работ, поскольку создает угрозу внезапного прорыва воды в горные выработки, создает опасность оползней и обвалов бортов карьера.

Одним из отрицательных проявлений обводненности горного массива является осложнение при взрывной подготовке вскрышных пород к экскавации. Поэтому при проектировании параметров буровзрывных работ, выборе типа взрывчатого вещества, технологии ведения взрывных работ необходимо учитывать обводненность массива.

Для оценки обводненности месторождения, разрабатываемого открытым способом, определяется наличие водоносных горизонтов, приток в карьер воды, обводняющей горные выработки, ее гидрогеологические параметры, в т. ч. мощность, напор, коэффициент фильтрации, размеры зоны депрессии с учетом развития горных работ. Схематически развитие депрессионной воронки карьера показано на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Схема изменения статического уровня подземных вод в условиях открытых горных работ

Гидрогеологические исследования месторождений Кузбасса показали, что по условиям залегания и гидродинамическому состоянию в пределах изученной площади выделяются два типа вод:

- грунтовые воды четвертичных отложений;
- подземные воды коренных пород.

Основную роль в обводнении четвертичных отложений играют аллювиальные воды, приуроченные к гравийно-галечниковым породам. Мощность галечникового горизонта колеблется от 2,5 до 6,0 м. Высокая обводненность галечников обусловлена их взаимо-

связью с напорными подземными водами коренных пород и поверхностными водами рек.

Подземные воды коренных пород приурочены к отложениям Кемеровской, Усятской и Кузнецкой свит, представленных песчаниками, алевролитами, аргиллитами и конгломератами. Наиболее обводненными являются песчаники в зоне физического выветривания до глубины 80–120 м и в зоне технических нарушений.

Многолетние наблюдения позволяют оценить среднюю обводненность вскрышных пород, которая составляет на разрезах северного Кузбасса до 30 %, центрального до 35–40 % и южного Кузбасса до 28–30 % (табл. 3.1)

Изучение обводненности пород угольных разрезов Кузбасса позволило установить, что в осенний период за счет инфильтрации атмосферных осадков обводненность пород несколько возрастает, достигая на отдельных участках разрезов центрального Кузбасса 63 %.

Таблица 3.1

Доля обводненности вскрышных пород на разрезах Кузбасса

№	Разрезы	Доля, %	№	Разрезы	Доля, %
1	Кедровский	30,1	10	Камышанский	42,2
2	Черниговский	28,2	11	Калтанский	25,1
3	Моховский	16,8	12	Талдинский	29,3
4	Сартаки	25,3	13	Осинниковский	23,9
5	Караканский	20,3	14	Красногорский	27,5
6	Бачатский	37,8	15	Томусинский	24,6
7	Краснобродский	43,1	16	Междуреченский	23,5
8	Киселевский	34,1	17	Сибиргинский	24,8
9	Байдаевский	30,5	18	Ольжерасский	28,2

Обводненность пород в условиях разреза оценивается по уровню воды в массиве, который устанавливается по высоте столба воды во взрывных скважинах. Общая тенденция изменения уровня подземных вод показывает, что наибольший прирост высоты столба воды наблюдается между первым и вторым рядами скважин, т. е. от 3 до 9 метров, считая от верхней бровки уступа, а на расстоянии более 15 м высота столба воды практически не изменяется.

Для определения водопритока в скважины обычно пользуются методом откачек с последующим замером восстанавливаемого

уровня воды в скважинах (рис. 3.2). Значение водопритока рассчитывается для каждого интервала времени по формуле

$$Q_i = \frac{(H_i - H_{i+1})\pi r^2}{\tau_{i+1}},$$

где H_i – глубина уровня воды после откачки в i момент времени, дм; H_{i+1} – глубина восстановившегося уровня воды в скважине за интервал времени $(i+1)$, дм; τ_{i+1} – время восстановления уровня воды в скважине, ч; r – радиус скважины, дм.

В результате проведенных измерений и расчетов можно выделить три группы обводненных скважин. Первая группа – это слабо обводненные скважины, которых примерно 23 % от общего количества, с высотой столба воды в пределах перебура и водопритоками до 25 л/ч. Вторую группу (около 56 %) составляют скважины со средней степенью обводненности со столбом воды от 3 до 7 м и водопритоками до 500–700 л/ч. Остальные 21 % скважин образуют группу сильнообводненных с водопритоками более 700 л/ч и высотой столба воды более 7 м.

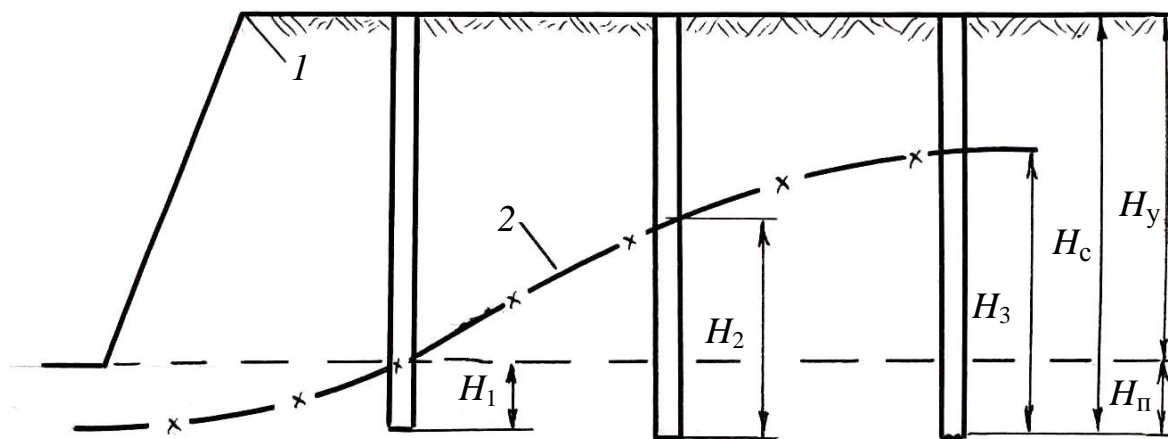


Рис. 3.2. Уровень воды в массиве: 1 – верхняя бровка уступа; 2 – уровень подземных вод; H_{Π} – перебур; H_1, H_2, H_3 – уровень столба воды в скважинах; H_c – высота скважины; H_y – высота уступа

В зависимости от расположения водоносных горизонтов в толще массива их подразделяют на безнапорные и напорные.

Если в водоносном горизонте пробурена скважина до водоупора и при откачке из нее уровень воды понизится, а после откачки стабилизируется, то такой водоносный пласт является безнапорным. Если динамический уровень воды в скважине при установившемся притоке соответствует напору на границе депрессионной воронки, а мощность водоносного пласта и его коэффициент фильтрации постоянны, то такой водоносный пласт считается напорным.

3.4. Приток воды в карьер

При ориентировочных расчетах общий водоприток в карьер определяется как сумма водопритоков из каждого водоносного горизонта в отдельности и атмосферных осадков, выпадающих в пределах чаши карьера.

Приток поверхностных вод. Основными источниками обводнения карьеров с поверхности являются поверхностный сток (дождевые и талые воды), а также открытые водоемы (пруды и озера) и водотоки (реки, ручьи, каналы), располагающиеся в пределах карьерных полей.

Воды поверхностного стока, особенно в периоды ливней и интенсивных снеготаяний, размывают откосы, затапливают добычные горизонты и заиливают их песчано-глинистым материалом.

Защита от воды поверхностного стока производится вокруг карьера в пределах полосы шириной около 0,5–1 км при помощи системы нагорных канав и дамб. Схемы расположения водозащитных сооружений (канав и дамб) зависят от рельефа местности. По конфигурации карьеров они подразделяются на линейные и контурные, а по сроку службы – на постоянные и временные. Постоянные водозащитные сооружения возводят на нерабочих бортах за проектной границей карьера, а временные на рабочих бортах по мере продвижения фронта горных работ.

Приток воды в карьеры за счет атмосферных осадков определяется интенсивностью и продолжительностью выпадения осадков, коэффициентом поверхностного стока и размером водосборной площади (в границах нагорных канав и дамб).

Нормальный приток дождевых вод [10]

$$Q_{\text{д}} = 1000H_{\text{д}}\alpha F_{\text{в}}, \quad (3.1)$$

где H_d – среднесуточное количество осадков, мм; α – коэффициент поверхностного стока (для площади, занятой бортами и дном карьера в скальных и глинистых породах, $\alpha = 0,8 \div 0,9$); F_B – водосборная площадь карьера, км².

Приток талых вод в карьер

$$Q_{\tau} = \frac{\alpha \beta h_c F_B}{t_c}, \quad (3.2)$$

где β – коэффициент, учитывающий степень удаления снега из карьера при ведении горных работ (обычно принимается $\beta = 0,5$); h_c – годовое количество твердых осадков (снега), м; t_c – продолжительность интенсивного снеготаяния в период паводка, ч.

Приток подземных вод. Для определения притока воды в карьер подземных вод применяются методы гидрогеологических аналогий, водного баланса, аналитическое и экспериментальное моделирование [10].

Метод гидрогеологических аналогий применяется для приближенных расчетов в районе освоенных месторождений. Этот метод дает хорошие результаты при сходстве двух объектов по граничным условиям и закономерностям изменения параметров обводненности по площади и глубине.

Метод водного баланса учитывает все источники пополнения и истощения запасов подъемных вод на проектируемой территории и применяется для определения общего притока воды в карьеры на территориях с фиксированными областями питания и разгрузки подземных вод. Ожидаемый приток воды Q в проектируемый карьер (исключая ливневые и талые воды) определяется из уравнения водного баланса

$$Q = Q_{\text{дин}} + Q_{\text{ст}},$$

где $Q_{\text{дин}}$ – пополнение запасов дренируемого водоносного горизонта путем инфильтрации, инфилюации, конденсации, перелива из других горизонтов и иными путями, м³/сут; $Q_{\text{ст}}$ – приток за счет статических запасов вод, срабатываемых в пределах площади карьера и депрессионной воронки, м³/сут.

Приток за счет динамических ресурсов

$$Q_{\text{дин}} = \frac{OF_{\Gamma} \eta_1}{365},$$

где O – годовое количество атмосферных осадков, мм вод. ст.; F_{Γ} – площадь питания дренируемого водоносного горизонта в пределах развивающейся зоны депрессии (площадь водосбора), м²; η_1 – коэффициент просачивания.

Приток за счет статических запасов дренируемых горизонтов

$$Q_{\text{ст}} = \frac{\mu h}{t} (F_1 + 0,33pR),$$

где μ – коэффициент водоотдачи пород (для песчаников $\mu = 0,02$); h – мощность безнапорного водоносного горизонта, м; F_1 – площадь вскрытого водоносного горизонта, м²; p – периметр по контуру карьера на уровне высачивания подземных вод, м; t – время, в течение которого проходят выработки, сут; R – радиус депрессии, считая от контура карьера, м.

$$R = 2(hkt / \mu)^{0,5},$$

где k – коэффициент фильтрации, м/сут.

Коэффициент фильтрации характеризует одновременно среду и жидкость, проходящую через единицу площади поперечного сечения среды при напорном градиенте, равном единице, и определяется по линейному закону Дарси

$$k = \frac{V_{\phi}}{i},$$

где V_{ϕ} – скорость фильтрации подземных вод, м/сут; i – гидравлический уклон, дол. ед.

$$i = (H_1 - H_2) / L_c,$$

где H_1, H_2 – расстояние до зеркала воды в скважинах, м; L_c – расстояние между скважинами, м.

Скорость фильтрации подземных вод можно определить при протекании подземных вод через скважину с проницаемыми стенками, пробуренную в водоносном горизонте:

$$V_{\phi} = 0,5V_{\Pi},$$

где V_{Π} – скорость движения подземных вод, м/сут.

Для измерения скорости движения подземных вод используется геофизический метод резистивиметрии, основанный на изменении концентрации электролита в скважине (рис. 3.3).

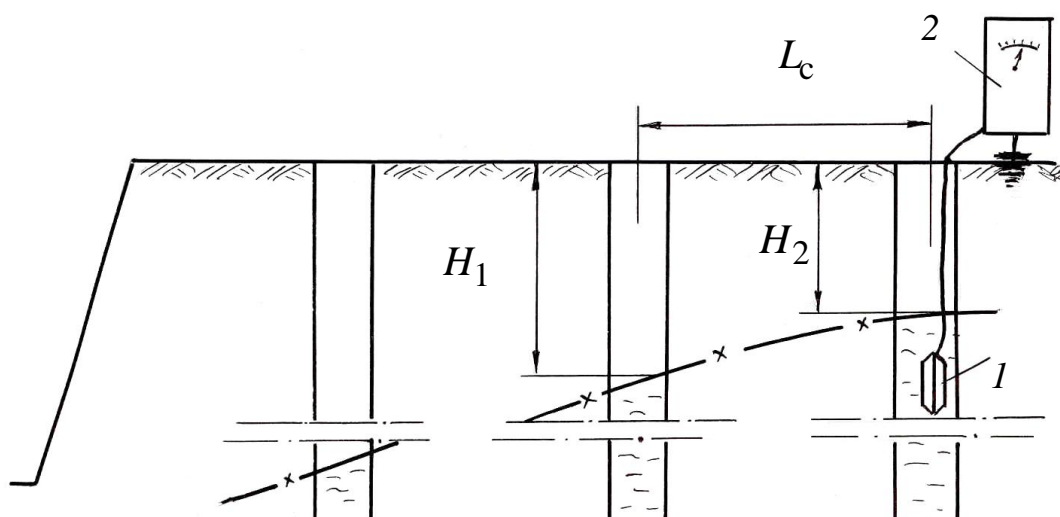


Рис. 3.3. Схема измерения сопротивления электролита в скважине

В воде, находящейся во взрывной скважине 3-го ряда, растворяют поваренную соль. Затем опускают в воду резистивиметр 1, соединенный с блоком 2 измерения электрического сопротивления воды в скважине на разной глубине от зеркала воды. Скорость движения подземных вод определяется по формуле

$$V_{\text{п}} = \frac{1,81d}{t} \lg \left(\frac{C_1 - C_0}{C_2 - C_0} \right),$$

где d – диаметр скважины, м; C_0 – естественная минерализация воды в скважине, г/л; C_1 – концентрация электролита сразу после засоления, г/л; C_2 – концентрация электролита в момент измерения; t – время от момента измерения C_1 до C_2 , сут.

Приток из напорного водоносного горизонта

$$Q_{\text{ст}} = \mu m l_1 \left[LB / l_1 + 0,66 L + B + 0,38 l_1 / \lg l_1 \right] / t,$$

где m – мощность напорного водоносного горизонта, м; L – длина карьера, м; B – ширина карьера, м; l_1 – расстояние от бортов карьера до границы перехода напорного движения воды в безнапорное, м:

$$l_1 = Rm / (2H - m),$$

где H – напор от подошвы водоносного горизонта, м.

Аналитический метод применяется при относительно простых гидрогеологических условиях. При этом природные условия приводятся к типовым расчетным схемам, для которых имеются

аналитические решения. По форме области фильтрации в плане выделяются следующие типы водоносных горизонтов: неограниченный пласт, полуограниченный пласт, пласт-полоса, пласт-квадрат, пласт-круг и т. п.).

Приток воды в совершенный невытянутый карьер (при отношении длины к ширине менее 10), удаленный от контура обеспеченного питания и пройденный в однородном по проницаемости безнапорном водоносном горизонте, приближенно может быть определен по методу «большого колодца» [10]:

$$Q = \frac{1,36k(h^2 - h_0^2)}{\lg R_0 - \lg r_0}, \quad (3.3)$$

где h – мощность водоносного горизонта, м; h_0 – высота высачивания у откоса карьера, м; R_0 – приведенный радиус депрессии ($R_0 = 2,5r_0$), м; r_0 – приведенный радиус карьера (большого колодца), м.

Величина приведенного радиуса определяется:

- при неправильной, но близкой к круговой форме карьера

$$r_0 = (F / \pi)^{0,5}, \quad (3.4)$$

- при прямоугольной форме карьера

$$r_0 = \eta_2 \frac{L + B}{4}, \quad (3.5)$$

где F – площадь карьера, м; η_2 – коэффициент, зависящий от отношения B / L :

B / L	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6 и более
η_2	1,05	1,08	1,12	1,14	1,16	1,17	1,18

Приток воды в невытянутый совершенный карьер из напорного водоносного горизонта

$$Q = \frac{1,36k(2H - m)m}{\lg R_0 - \lg r_0}, \quad (3.6)$$

где H – напор от подошвы водоносного горизонта, м; m – мощность водоносного горизонта, м.

3.5. Предотвращение притока воды в горные выработки

Одним из условий ритмичной работы горного и транспортного оборудования, а также ведения буровзрывных работ является устранение негативных явлений, связанных с обводненностью месторождения. В то же время горное производство является источником загрязнения поверхностных и подземных вод.

Поэтому защита карьеров от попадания воды в горные выработки должна осуществляться в зависимости от конкретных условий открытым водоотливом, осушением, водопонижением или устройством противодиффузионных завес.

В идеальном варианте разумное сочетание различных методов защиты должно обеспечить осушение всех водоносных горизонтов, залегающих над полезным ископаемым, и удаление поверхностных вод и водотоков с карьерного поля.

В реальных условиях часть поверхностных и подземных вод скапливается в водосборниках горных выработок, вызывая необходимость сооружения водоотливных систем.

Защита от подземных вод в основном осуществляется за счет их перехвата на пути движения к карьере. По способу сооружения дренажные системы подразделяются на поверхностные, подземные и комбинированные.

Поверхностные дренажные системы сооружаются с поверхности земли или с поверхности уступов карьеров. Основными элементами этих систем являются: водопонижающие, водопоглощающие и горизонтальные скважины, иглофильтровые установки, дренажные щели, траншеи и канавы.

Водопонижающие скважины (рис. 3.4, а) применяются как в безнапорных водонасосных горизонтах при мощности их не менее 10 м и коэффициенте фильтрации более 1–3 м/сут, так и в напорных водоносных горизонтах при меньших мощностях и коэффициентах фильтрации. При наклонном залегании водоносных пластов водопонижающие скважины более эффективны, чем при горизонтальном. Водопонижающие скважины широко используются на карьерах для постоянного (за технической границей карьера) и временного (на рабочих бортах, уступах и дне карьера) дренажа. Глубина заложения скважин достигает 300 м и более.

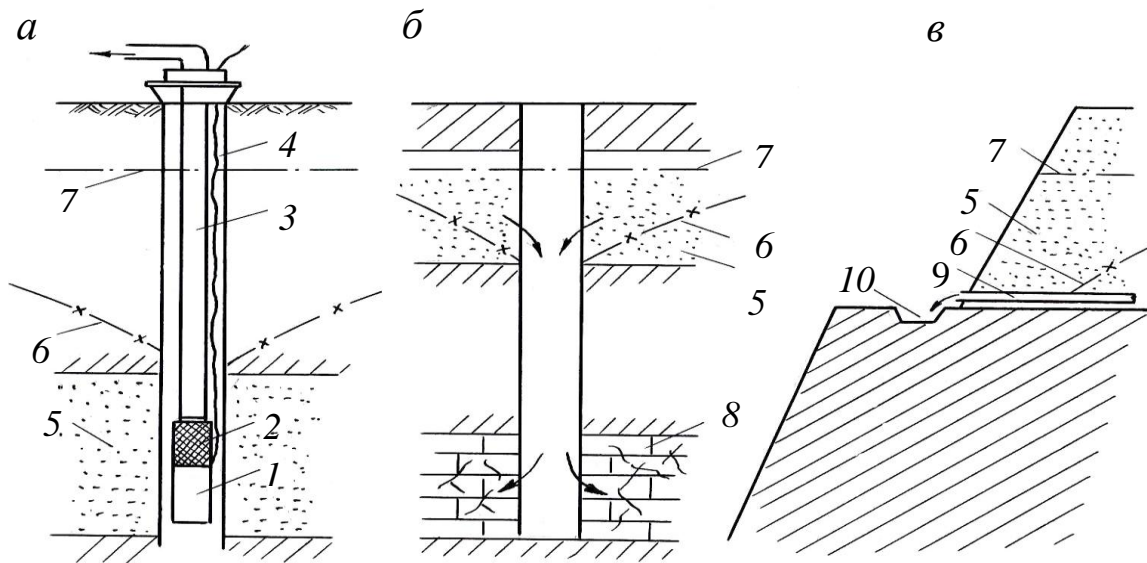


Рис. 3.4. Типы дренажных устройств: а – водопонижающая скважина; б – поглощающая скважина; в – горизонтальная дренажная скважина; 1 – насос; 2 – фильтр; 3 – водоподъемные трубы; 4 – электрический кабель; 5 – водоносной горизонт; 6, 7 – соответственно динамический и статический уровень воды; 8 – поглощающий водоносный горизонт; 9 – горизонтальная скважина; 10 – дренажная канава

Технология сооружения водопонижающих скважин сводится к бурению скважин, установке обсадных в них труб и фильтров, прокачке скважин и установке погружных насосов, прокладке водоотводных труб, подключению насосов к системе автоматического управления.

Водопоглощающие скважины (рис. 3.4, б) применяются для перепуска воды из верхних водоносных горизонтов в нижние, в случаях, когда водопроницаемость поглощающего водоносного горизонта больше, чем дренируемого горизонта, а также когда уровень поглощающего горизонта ниже толщи разрабатываемого полезного ископаемого и поглощающий горизонт не используется для питьевого водоснабжения. Поглощающий горизонт должен обладать высокой естественной дренирующей способностью. Разность уровней в дренируемом и в поглощающем горизонтах может быть создана путем снижения уровня воды в последнем водопонижающими скважинами.

Горизонтальные дренажные скважины (рис. 3.4, в) применяются как самостоятельные устройства для создания дренажных

систем в сочетании с открытым водоотливом или как вспомогательные устройства для перехвата «проскока» подземных вод.

Горизонтальные скважины представляют собой самотечные дрены, которые проходят с основания уступов у подошвы водоносного горизонта перпендикулярно к откосу с уклоном не менее 0,003 % в сторону от него. Основная часть (70–90 %) притока воды к скважинам приходится на их забойную часть, составляющую 1/3 длины скважины. Наибольший эффект достигается при заложении скважин перпендикулярно к фронту откоса. Иногда применяют верные схемы бурения горизонтальных скважин. Скважины бурят диаметром 90 мм и длиной от 100 до 300 м. Положительный опыт применения горизонтальных скважин имеется в Кузбассе. Они были использованы для осушения бортов разрезов Прокопьевский, Киселевский, Краснобродский. Разрабатываемые этими разрезами угленосные массивы характеризуются наклонным и крутым залеганием слоев литологических разностей, представленных как водовмещающими породами, так и пластами аргиллитов и алевролитов различной мощности, характеризующихся очень низкой водопроницаемостью. В результате этих факторов борта разрезов находились в водонасыщенном и неустойчивом состоянии. В результате этого за сравнительно небольшой промежуток времени (2–3 месяца) удалось стабилизировать наметившиеся на бортах разрезов оползни.

Иглофильтровые установки (передвижные, легкие, эжекторные) применяются для временного и локального понижения уровня подземных вод в песчаных и песчано-глинистых породах. Иглофильтры обычно располагают в виде кольцевой системы (рис. 3.5). Расстояние между иглофильтрами может изменяться от 0,5 до 10 м. Чаще всего иглофильтры применяются на рабочих площадках уступов в процессе строительства разрезных и выездных траншей.

На практике чаще применяют легкие иглофильтровые установки ЛИУ-6Б (производительность 65–140 м³ /ч, напор на выходе 28–36 м, общая длина одного иглофильтра 8,5 м, число иглофильтров на одну установку 25–100 шт. К П Д при полной загрузке агрегата составляет около 63 %).

К недостаткам иглофильтровых установок следует отнести сравнительно небольшую величину водопонижения (не более 5 м при однорядной системе), громоздкость монтажа, трудности экс-

плутации в зимнее время. Для предотвращения замерзания воды в системе иглофильтры – коллектор откачка воды зимой должна производиться непрерывно.

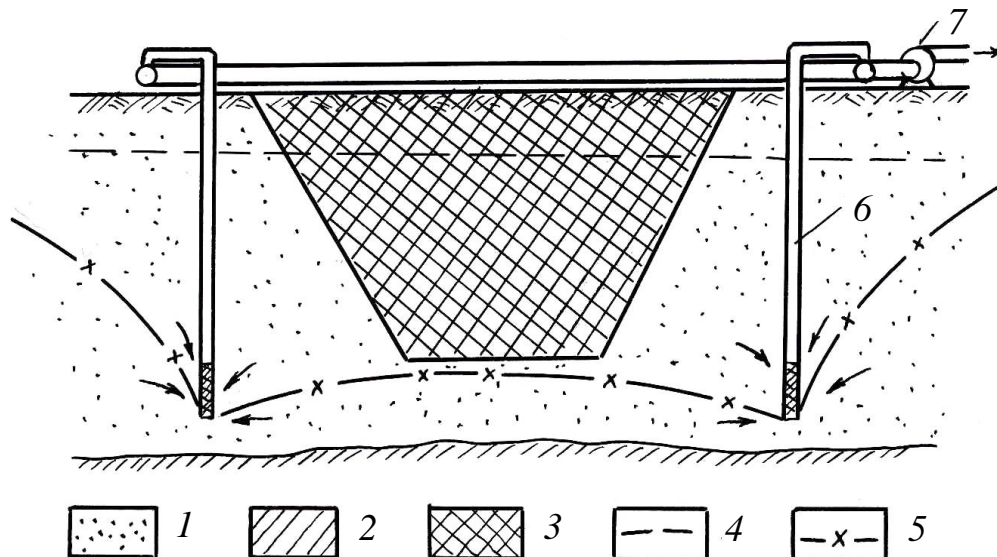


Рис. 3.5. Общий вид иглофильтрационной установки: 1 – водоносные пески; 2 – водоупорное ложе; 3 – контур проектируемой траншеи; 4 – уровень грунтовых вод; 5 – понижение уровня воды; 6 – иглофильтр; 7 – насос

Дренажные щели (рис. 3.6) применяются для понижения уровня подземных вод в рабочих и нерабочих бортах карьеров, при разработке слоистых наклонных и крутопадающих породных толщ, в которых водоносные горизонты перемежаются водоупорными слоями. Сооружение дренажной щели заключается в создании в анизотропном массиве вкрест простирания слоев литологических разностей зоны дробления пород, характеризующейся высокой водопроницаемостью. Разрушение пород и создание в массиве сети трещин производится взрыванием предварительно пробуренных на рабочих площадках уступов одного или нескольких рядов взрывных скважин. Глубина дренажной щели определяется параметрами применяемого бурового оборудования.

Взрывание скважин производится небольшими зарядами ВВ рассредоточенной конструкции при удельном расходе, не превышающем $0,2-0,3 \text{ кг/м}^3$. В результате взрыва в массиве образуется раздробленная зона шириной 2–5 м, фильтрационные свойства ко-

торой более чем в 100 раз выше по сравнению с таковыми для ненарушенных пород. Через сформированную щель происходит разгрузка водовмещающих слоев, что со временем приводит к понижению уровня подземных вод. Высачивающаяся из дренажной щели вода отводится к водосборнику, откуда откачивается водоотливной установкой.

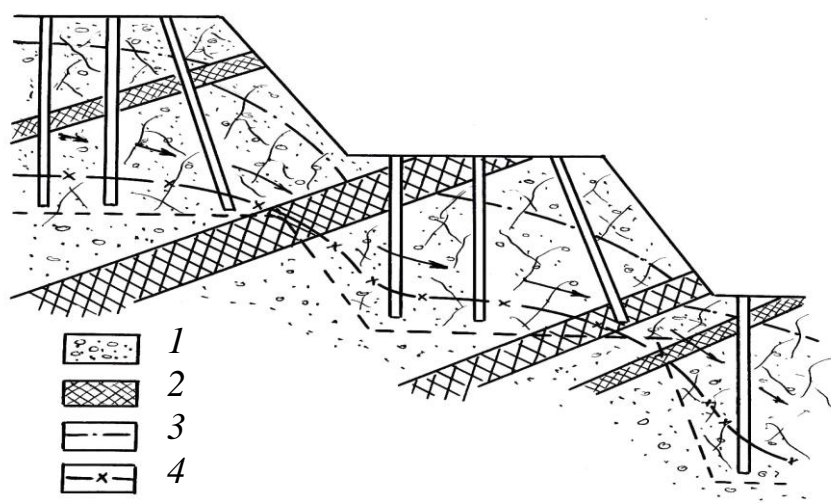


Рис. 3.6. Схема осушения массива дренажной щелью: 1 – песчаник; 2 – аргиллит; 3 – уровень подземных вод до взрыва; 4 – уровень подземных вод после взрыва

Достоинством дренажных щелей помимо простоты сооружения и высокой эффективности осушения массива является их низкая стоимость.

Подземные дренажные системы. При незначительных коэффициентах фильтрации водоносных отложений, наличии слоистых водоносных толщ, представленных системой водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми и водонепроницаемыми пропластками, необходимый эффект осушения может быть достигнут при воздействии дренажных устройств на большую площадь осушаемого массива. Такой эффект обеспечивается подземными дренажными системами.

Использование подземных дренажных систем при ведении открытых горных работ требует дополнительных трудовых и материальных затрат на проведение и поддержание специальной системы подземных выработок, строительство шахтных вертикальных или наклонных стволов и штолен.

Дренирование водоносных горизонтов, залегающих выше и ниже дренажного штрека, осуществляется с применением восстающих, наклонных и горизонтальных скважин и водопонижающих колодцев, а также водоотводными канавками.

Основными недостатками данного способа являются:

- большая трудоемкость;
- большие затраты времени на сооружение дренажной системы и, как следствие, медленное развитие горных работ;
- необходимость поддержания в течение длительного времени большого количества дренажных штреков;
- постоянный контроль за самовозгоранием угля в штреках, особенно в зоне их выхода в разрез;
- большие капитальные затраты.

Достоинства подземного способа осушения состоят в обеспечении наиболее полного осушения водоносных отложений, непрерывности работы осушительных устройств, увеличении эффективности осушения без существенных дополнительных затрат и необходимого опережения дренажных работ.

Водонепроницаемые завесы. Одним из способов защиты разрезов от притоков подземных вод являются водонепроницаемые завесы, применение которых будет способствовать сохранению естественного режима подземных вод на территории, прилегающей к месторождению.

Для открытых разработок угля наиболее целесообразными способами сооружения завес являются траншейный, щелевой, инъекционный и с применением энергии взрыва (рис. 3.7).

В качестве водонепроницаемого материала, размещаемого в выработках при траншейном и щелевом способах создания барражных завес используются бентонитовая, иллитовая и монтмориллоновая глины; глино-цементные растворы; ткани (мешковина, парусина, брезент), пропитанные битумами рулонные синтетические материалы (полиэтиленовые, поливинилхлоридные) и т. д.

Инъекционные завесы сооружаются способами цементации, глинизации, битумизации, силикатизации и смолизации массивов горных пород через предварительно пробуренные по определенной сетке скважины.

Завесы с использованием энергии взрыва находят применение в песчано-глинистых породах (без крупных включений). Взрывание

зарядов ВВ в ряду скважин позволяет создать вертикально расположенную зону уплотнения пород мощностью 1,8–3,0 м.

Сооружение водонепроницаемых завес наиболее перспективно в следующих случаях и их сочетаниях:

- мощный водоносный горизонт (или водоносный комплекс из нескольких водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми прослойками) подстилается водоупорными породами на глубине, доступной для техники сооружения завес;

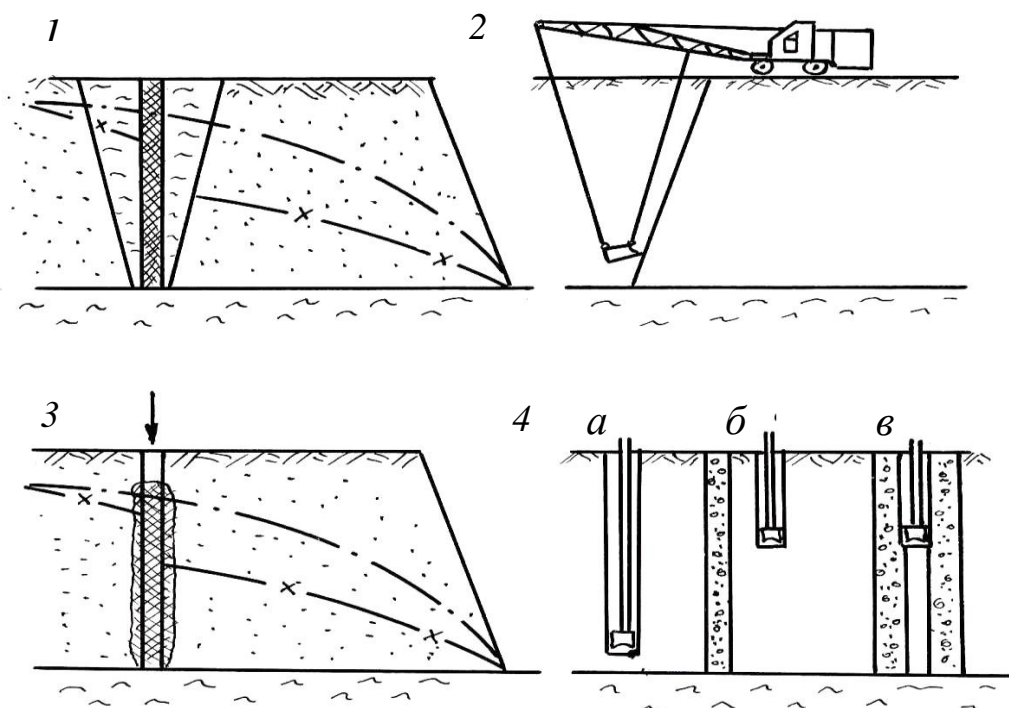


Рис. 3.7. Схемы сооружения барражных завес: 1 – траншея; 2 – сооружение траншеи экскаватором; 3 – инъекционная скважина; 4 – сооружение инъекционных скважин (а – бурение первой скважины; б – бетонирование первой и бурение второй скважины; в – бурение замыкающей скважины)

- водоемы и водотоки, являющиеся источниками постоянной фильтрации воды в горные выработки, расположены вблизи поля разреза;

- выходы хорошо проницаемых отложений в мульдообразных структурах расположены под обводненными породами или водоемами;

- верхний водоносный горизонт в двухслойном водоносном комплексе обладает значительно большей проводимостью, чем нижний горизонт;

- водоносные и водоупорные породы выдержаны по площади и в вертикальном разрезе, что предопределяет возможность их перекрытия инъекционными завесами;

- динамические запасы подземных вод преобладают над статическими.

Основным препятствием для сооружения завес при разработке углей открытым способом в настоящее время является их значительная стоимость. Использование завес в настоящее время предопределяется сравнением стоимости завесы с наиболее рациональным способом – осушением разреза. При этом не учитываются убытки, вызываемые осушением разреза (истощение запасов подземных вод на окружающей территории и загрязнение вод). Учет перечисленных побочных результатов осушительных работ приведет к необходимости широкого применения водонепроницаемых завес для защиты разрезов от притоков подземных вод.

Открытый водоотлив. При применении открытого водоотлива наиболее полно совмещается дренаж водоносных горизонтов горными выработками с работами по организации стока атмосферных вод, поступающих в разрез (рис. 3.8).

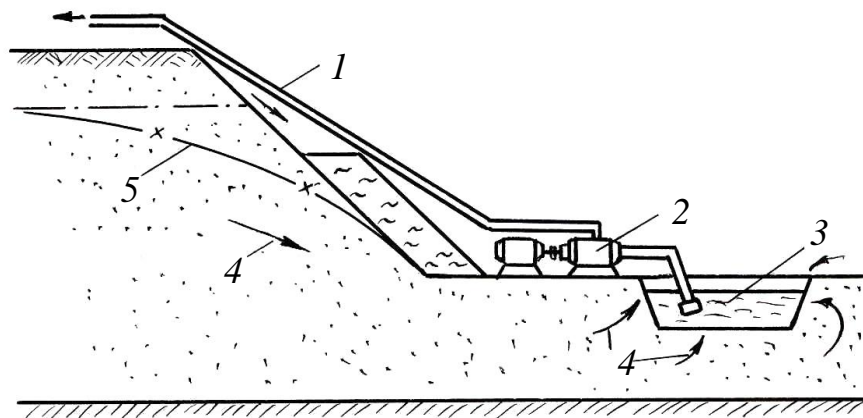


Рис. 3.8. Схема карьерного водоотлива: 1 – трубопровод; 2 – насос; 3 – зумпф; 4 – траектория движения воды; 5 – динамический уровень грунтовых вод

Канавы на разрезах выполняют двойную функцию. По ним дренируют подземные воды, а также они служат для сбора и транспортировки к водосборникам атмосферных осадков. Минимальный

естественный уклон дренажных канав должен быть не менее 0,02 %. Канавы закладываются у пикетной бровки уступа, проходятся вдоль откоса и возобновляются по мере отработки каждой экскаваторной заходки. Параметры канав зависят от притока воды. Глубина их колеблется от 0,2 до 0,5 м. В устойчивых породах канавы проходятся с вертикальными стенками, в неустойчивых породах – под углом 34°.

При выборе места положения водоотливных установок учитывается гипсометрия почвы пласта, расположение уступов, внутренних отвалов и поворотных пунктов, схема ведения горных работ. Главная водоотливная установка должна располагаться в точке с минимальной высотной отметкой и перемещаться как можно реже (например, в месте поворотного пункта траншеи, в районе выездных траншей).

Объем зумпфов водосборника определяется из расчета ожидаемых притоков воды с учетом буферной емкости.

Открытому водоотливу присущи следующие недостатки:

- вода, дренируемая из массива, беспрепятственно стекает по уступам к дну выработок, насыщаясь породугольными частицами;

- происходит увлажнение породы и угля, что обуславливает их налипание на рабочие поверхности оборудования и снижает ценность продукции;

- в условиях наклонных пластовых месторождений затруднено дренирование бортов разрезов, что приводит к необходимости использования на взрывных работах дорогостоящих водоустойчивых ВВ.

Несмотря на эти недостатки, открытый водоотлив является основным мероприятием по защите угольных разрезов Кузбасса от притоков воды в горные выработки.

Сброс карьерных вод требует их предварительной очистки на специальных сооружениях. При загрязнении карьерных вод вредными веществами максимально допустимая концентрация этих веществ в воде, сбрасываемой в открытый водоем, определяется по формуле [10]

$$C_{сб} = K_{см} Q_{в} (C_{пдк} - C_{ф}) / Q_{сб} + C_{ф}, \quad (3.7)$$

где $K_{см}$ – коэффициент смешивания; $Q_{в}$ – расход воды в реке, м³/ч; $Q_{сб}$ – сброс карьерных вод, м³/ч; $C_{ф}$ – фоновая концентрация вред-

ного вещества в реке, мг/м³; $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воде, мг/м³.

Для взвешенных веществ, содержащихся в карьерной воде, максимальная концентрация не должна превышать величины

$$C_{\text{сб}}^{\text{ВЗ}} = K_{\text{см}} Q_{\text{В}} (Q_{\text{сб}} + 1) / C_{\text{доп}} + C_{\text{ф}}, \quad (3.8)$$

где $C_{\text{доп}}$ – допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ в реке, мг/м³.

Локальное удаление воды из взрывных скважин является одним из способов, позволяющих частично снизить загрязнение карьерных вод растворяющимися компонентами ВВ. Существует несколько методов удаления воды из скважин. Осушение можно проводить при помощи погружных насосов и устройств, использующих энергию сжатого воздуха.

Установка УОС-250 (рис. 3.9) оснащена погружным насосом.

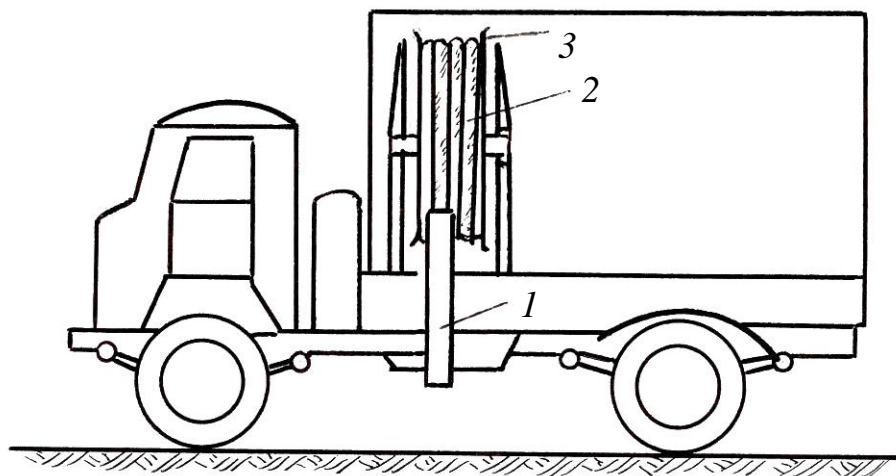


Рис. 3.9. Установка УОС-250 для осушения скважин: 1 – погружной насос; 2 – шланг; 3 – барабан

Погружной насос 1, закрепленный на шланге 2, опускается в обводненную скважину с помощью барабана 3. Привод насоса осуществляется с помощью гидромотора с приводом от коробки отбора мощности двигателя автомобиля. Вода, удаляемая из скважины, отводится по шлангу. Производительность УОС-250 составляет около 150 скважин в смену.

Осушающая установка «Legra» производства США основана на том же принципе действия. В настоящее время она используется на разрезах Кузбасса. Производительность установки составляет от 250 до 350 л/мин.

Агрегат для осушения скважин (АОС) (рис. 3.10) смонтирован на базе автомобиля "Татра-148" и состоит из компрессорной станции 1, бункера для сбора воды 2, стрелы-гидрокрана 3, обсадной трубы 4, погружного устройства 5, закрепленного на воздушном шланге 6, навитом на барабан 7.

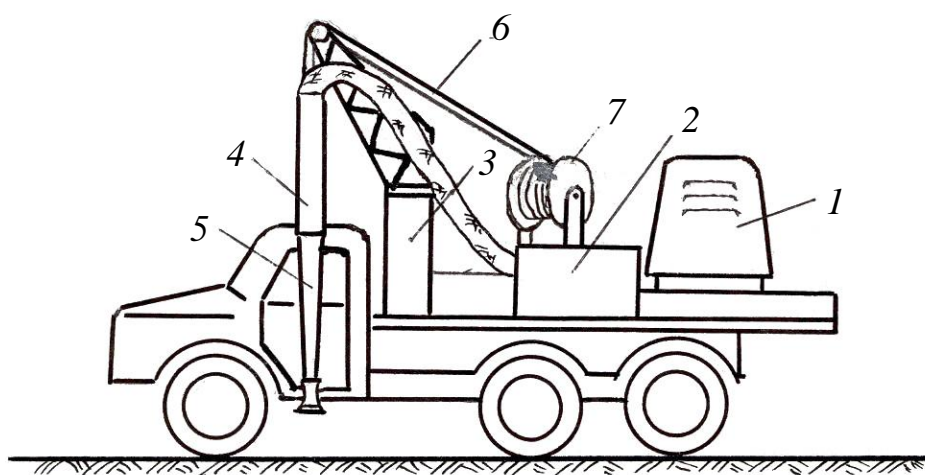


Рис. 3.10. Агрегат для осушения скважин АОС: 1 – компрессорная станция; 2 – бункер для сбора воды; 3 – стрела-кран; 4 – обсадная труба; 5 – погружное устройство; 6 – воздушный шланг; 7 – барабан

Погружное устройство, представляющее собой трубу с насаженными на нее резиновыми дисками, с помощью стрелы опускается в скважину. По воздушному шлангу 6 подается сжатый воздух, который поступает под резиновые диски. Погружное устройство 5 поднимается и, как поршень, выдавливает из скважины воду, которая собирается в бункере 2.

Общий недостаток всех погружных устройств в том, что их иногда заклинивает породой, вывалившейся из стенок скважины.

Этот недостаток конструкции осушающих установок ликвидирован в машине МО-1 (рис. 3.11), разработанной в Кузнецком филиале НИИОГР, и 1-МО – в НИИКМА. Указанные машины предназначены для удаления воды из взрывных скважин смесью сжатого воздуха с пенообразующим веществом.

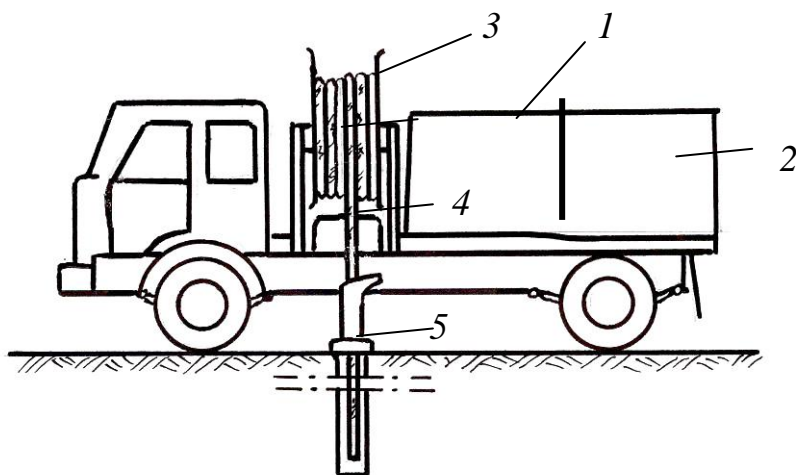


Рис. 3.11. Машина МО-1: 1 – компрессорная станция; 2 – бак под раствор пенообразующего вещества; 3 – барабан; 4 – шланг; 5 – водоотводящее устройство

Машина МО-1 смонтирована на базе автомобиля МАЗ-509А, на раме которого установлена компрессорная станция 1, бак 2 для водного раствора пенообразующего вещества, барабан 3 с гидроприводом и шлангом 4, водоотводящее устройство 5. Машина 1-МО аналогична по принципу действия МО-1, только смонтирована на базе БелАЗ-540.

Водоотводящее устройство 5 устанавливается в устье скважины, шланг 4 опускают до дна. Через шланг 4 подается смесь сжатого воздуха с пенообразующим веществом, создающая пеновоздушный поршень, выталкивающий воду из скважины. Техническая производительность установки составляет до 200 скважин в смену.

Недостаток этих машин в том, что вода, удаляемая из скважин, разливается по поверхности блока, создавая неудобства при зарядке скважины.

На основе машины МО-1 разработана осушающе-забоячная машина МОЗ-1, конструкция которой позволяет собирать воду, удаляемую из скважины, в бак и рационально использовать ее для приготовления пеногелевой забойки [6].

Технология зарядки осушенных скважин состоит в том, что на блоке работают одновременно две машины: МОЗ-1 и зарядная машина МЗ-4 или МЗ-3. Осушающе-забоячная машина МОЗ-1 движется вдоль ряда обводненных скважин, удаляет воду из скважин. Машина МЗ-4 проводит зарядку скважин неводоустойчивым

взрывчатым веществом. Вслед за зарядной машиной движется вторая машина МОЗ-1, выполняя пеногелевую забойку скважин. При переходе с одного ряда на другой машины меняются местами, что обеспечивает непрерывный процесс пополнения бака водой, необходимой для приготовления пеногеля.

Такая технология позволяет более рационально использовать взрывчатые вещества и подземные воды, т. к. удаление воды из скважины уменьшает количество растворенных в воде аммиачно-селитренных ВВ, а следовательно, загрязнение подземных вод.

3.6. Качество и состав природных вод

Под качеством природной воды понимают совокупность ее свойств, обусловленных характером содержащихся в воде примесей. Природная вода по своему составу весьма разнообразна и представляет сложные многокомпонентные системы, основу которых составляет H_2O .

Поверхностные воды характеризуются большим содержанием нерастворимых в воде частиц: песка, глины, илистых веществ, карбонатных соединений, гидроксидов алюминия, марганца, железа, высокомолекулярные органические примеси гумусового происхождения и т. д.

Подземные воды часто насыщены минеральными солями, содержащими Na, Ca, Mg, Fe, Cl, S, C, Si, N, O, H, а также газами (H_2S , CO_2 , CH_4). Существует прямая зависимость между глубиной залегания подземных вод и степенью их минерализации.

Нормы качества воды представляют собой установленные значения различных показателей в зависимости от вида водопользования, в т. ч.:

- для питьевых нужд и пищевой промышленности;
- для рекреационных целей;
- как технологическая для производства;
- для рыбохозяйственных целей;
- для нужд сельского хозяйства.

Различают три группы показателей качества воды:

1. Органолептические.
2. Физико-химические.
3. Бактериологические.

Органолептические показатели определяются с помощью органов чувств человека и включают: запах, вкус, цветность, прозрачность, мутность, окраску.

Вкус и привкус природных вод может иметь естественное или искусственное происхождение.

Различают вкус воды: соленый, горький, сладкий, кислый. Например соленый вкус обычно обусловлен хлоридом натрия; горький вкус характерен при наличии сульфата магния; кислый – объясняется избытком растворенной углекислоты.

Вкус и привкус оценивается по 5-балльной шкале: 0 – нет; 1 – очень слабый; 2 – слабый; 3 – заметный; 4 – отчетливый; 5 – очень сильный.

Запах воды подразделяют на две группы:

1. Естественный (землистый, болотный, сероводородный).
2. Искусственный (запах морепродуктов, хлора, камфары, фенола и т. п.).

Оценка интенсивности запаха проводится по пятибалльной шкале: 0 – нет запаха; 1 – очень слабый (не замеченный потребителем); 2 – слабый (не привлекающий внимания потребителя, но обнаруживаемый, если указать на него); 3 – заметный (запах легко обнаруживается); 4 – отчетливый (легко обращающий на себя внимание, вода неприятна для питья); 5 – очень сильный (вода не пригодна для питья).

Цвет – это окраска воды растворенными в ней органическими соединениями и наличие в ней взвешенных веществ, определяется сравнением со стандартной шкалой (бурая, серая, коричневая и т. д.).

Прозрачность. Воду, в зависимости от степени прозрачности, условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную и сильно мутную в зависимости от количества взвешенных веществ. Мерой прозрачности служит высота столба воды (в см), через которую можно различить специальный шрифт.

Физико-химические показатели воды включают:

- температуру;
- окисляемость (т. е. содержание кислорода, необходимого для окисления примесей);
- растворенный кислород (решающая роль в процессах самоочистки);

- азотсодержащие вещества (нитраты, нитриты);
- сухой остаток;
- активную реакцию (рН характеризуется концентрацией ионов водорода);
- щелочность (содержание гидроксильных ионов);
- жесткость (наличие солей Ca^{2+} , Mg^{2+}): мягкая до 3 ммоль/кг, жесткая от 3–7 ммоль/кг (питьевая), очень жесткая более 10 ммоль/кг;
- агрессивность (отношение к металлу): слабоагрессивная 300–800 мг/л сульфатов, агрессивная более 800 мг/л;
- показатели органического загрязнения (БПК, ХПК).

Температуру измеряют и контролируют термометрами. Для хозяйственных нужд, нужд питьевого назначения и пищевой промышленности вода подается с температурой не более 10–15 °С.

Взвешенные вещества – это нерастворимые в воде частицы различной крупности. Содержание взвешенных частиц в воде можно определить, если воду профильтровать. Для воды питьевого качества содержание взвешенных частиц X_1 не более 2 мг/л.

$$X_1 = \frac{(m_2 - m_1)1000}{V_1}, \quad (3.9)$$

где m_1 , m_2 – масса фильтра до и после фильтрования, мг; V_1 – объем исследуемой воды, мл.

Сухой остаток – это общая масса растворенных в воде веществ (соли), полученная после выпаривания воды до сухого остатка. Сухой остаток X_2 характеризует минерализацию воды.

$$X_2 = \frac{(m_4 - m_3)1000}{V_1}, \quad (3.10)$$

где m_3 – масса сухой чашки, в которую наливается проба мг; m_4 – масса чашки с сухим остатком, мг.

Для воды питьевого качества минерализация не должна превышать 1,5 мг/л.

Водородный показатель (рН). Концентрация водородных ионов в интервале от 1 до 10^{-14} мг-экв/л, что соответствует величине рН от 1 до 14. Величина рН является показателем химической активности, т. е. кислотности или щелочности воды. Нейтральная вода при рН = 7, кислотная реакция при рН < 7, щелочная реакция при рН > 7.

Окисляемость (химическое потребление кислорода – ХПК) – это величина, характеризующая содержание в воде органических и неорганических примесей, окисляемых в определенных условиях сильным химическим окислителем, содержащим кислород.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) определяется расходом кислорода на окисление биохимически окисляемых растворенных в воде коллоидных и частично взвешенных примесей. В поверхностных водах величина БПК колеблется в пределах от 0,5 до 4 мг/л. Чистая вода считается при БПК до 2 мг/л.

Обычно показатели БПК и ХПК присущи для хозяйственно-бытовых сточных вод.

Бактериологические показатели загрязнения воды характеризуют содержание в ней болезнетворных бактерий.

В качестве основных показателей бактериального загрязнения воды может быть *микробное число*, которое выражает общее количество бактерий, вырастающих в течение 24 часов в 1 мл исследуемой воды. Общее число микроорганизмов в 1 мл питьевой воды не должно превышать 100. *Коли-индекс* показывает количество кишечных палочек, находящихся в 1 л воды. *Коли-титр* выражает наименьший объем воды (в миллилитрах), в котором содержится хотя бы одна кишечная палочка или микробная клетка.

Бактериологическое загрязнение более характерно для сточных вод предприятий и вод хозяйственно-бытового назначения.

Хорошие природные воды по степени бактериальной загрязненности не должны превышать *коли-индекса*, равного 3.

3.7. Критерии оценки чистоты воды

В качестве критерия оценки чистоты воды используется предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ, растворенных в воде.

Под ПДК вредных веществ в воде принимают такую их концентрацию, которая при ежедневном воздействии на организм человека, флору и фауну в течение длительного времени не вызывает патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами, а также не нарушает биологического оптимума. ПДК вредных веществ в водных объектах устанавливаются в зависимости от их назначения использования (табл. 3.2).

При поступлении в водоем нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности сумма отношений этих концентраций каждого из этих веществ ($C_1, C_2, \dots, C_i, \dots, C_n$) к соответствующим ПДК не должна превышать 1.

Таблица 3.2

Некоторые ПДК для водных объектов, находящихся в районе влияния горных предприятий

Ингредиент	ПДК ингредиента в водном объекте, мг/л	
	питьевого и культурно-бытового водопользования	рыбохозяйственного назначения
Аммиак	2,00	0,1
Ацетон	0,05	–
Масло соляровое (нефтепродукты)	0,10	0,05
Свинец	0,10	0,1
Фенол	0,001	0,001
Нитраты (по азоту)	10,0	–
Толуол	0,5	–
Сухой остаток, мг/л	≤ 1000–1500	–
Водородный показатель рН	6,5–8,5	6,5–8,5
Запах, балл	≤ 2	–

Содержание взвешенных веществ в водных объектах питьевого, культурно-бытового водопользования и рыбохозяйственного назначения, находящихся в районе влияния горных предприятий, не должно увеличиваться не более чем на 0,25–0,75 мг/л. Для объектов, содержащих в воде в летний период более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение взвешенных веществ в воде в пределах 5 %.

3.8. Очистка и обеззараживание сточных вод горных предприятий

Очистка сточных вод – это процесс удаления из них веществ, наличие которых сверх нормативных требований не допускает отведения этих вод в водоемы.

Методы очистки сточных вод горных предприятий делят на две группы:

1. Деструктивные – это методы, при которых вещества, загрязняющие сточную воду, разрушают окислением или восстановлением (т. е. химическим и физико-химическим путем).
2. Регенерационные – это методы позволяющие:
 - вернуть отработанные жидкие отходы в технологический цикл;
 - использовать в другом производстве;
 - извлечь из них ценные вещества.

Разнообразие состава и свойств сточных вод горнодобывающих предприятий предполагает применение следующих основных способов ее очистки: механический, физико-химический, химический, биологический и термический.

Механическая очистка используется для удаления из сточных вод нерастворимых взвешенных частиц, которые под действием гравитационных сил и в зависимости от плотности выпадают в осадок или всплывают на поверхность. По мере накопления осадок или взвесь удаляется. К механической очистке относятся: процеживание, отсеивание, фильтрование, использование centrifуг и гидроциклонов.

Процеживание осуществляется с помощью решеток и сит различных конструкций, на которых улавливаются относительно крупные загрязнения и примеси ценных продуктов.

Отстаивание – технологический процесс разделения жидкой грубодисперсной системы (суспензии, эмульсии) на составляющие ее фазы под действием силы тяжести. Эффективность отстаивания возрастает с увеличением разницы в плотностях разделяемых фаз и крупности частиц дисперсной фазы. Для повышения эффективности оседания используют коагулянты (сернокислый алюминий, сернокислое железо) и флокулянты (полиакриламид), т. е. вещества, способствующие образованию крупных агрегатных частиц.

Различают отстойники предварительной (грубой) очистки сточных вод у насосных станций карьерного водоотлива и окончательной очистки – пруды-осветлители.

Время прохождения частиц вдоль отстойника должно быть больше времени опускания частицы на дно отстойника. Поток воды ламинарный со скоростью около 0,01 м/с. Осадок из рабочих коридоров отстойника удаляется и утилизируется.

Очищенные отстаиванием карьерные воды используются на производственные нужды предприятия, в т. ч. на тушение пожаров на отвалах, для борьбы с пылью, мокрого обогащения и т. п.

Фильтрование. При очистке сточных вод используют медленную и быструю фильтрацию.

Медленная фильтрация состоит из трех этапов. На первом этапе с помощью грубых фильтров удаляются крупные частицы. Скорость фильтрации на первом этапе составляет 1 м/ч. На втором этапе песчаными фильтрами удаляются все примеси кроме коллоидов. Скорость фильтрации на втором этапе 0,5 м/ч. На третьей стадии при скорости фильтрации около 0,2 м/ч коллоиды коагулируют с помощью бактерий и удаляют.

Быстрая фильтрация происходит при скорости движения воды 20 м/ч. При такой фильтрации коагулянты подают в сточную воду до ее входа в фильтр. Затем, в зависимости от технических, технологических или экологических требований, вода подвергается дальнейшему фильтрованию или очистке в гравитационном или центробежном поле для разделения твердой и жидкой фаз.

Гравитация. В качестве аппаратов гравитационного или центробежного разделения твердой и жидкой фаз используются гидроциклоны и центрифуги, в которых вода, поданная под давлением от 0,05 до 0,3 МПа, вращательно движется в цилиндрической части вместе с примесями. Частицы отжимаются к стенкам и по спирали поступают к сливу, а осветленная вода движется вверх по оси гидроциклона. Эффективность таких аппаратов 70–100 %.

Производительность гидроциклона и центрифуги определяется

$$Q = Dd\sqrt{2g\Delta H},$$

где ΔH – перепад давления между входом и сливом воды, м; d – диаметр входного патрубка, м; g – ускорение свободного падения, м/с².

Физико-химическая очистка сточных вод горного предприятия основана на изменении физического состояния загрязнений, что и облегчает их удаление. Для этого используют методы коагуляции, флотации, сорбции, а также экстракции, ионного обмена, диализа, осмоса, дистилляции, кристаллизации, магнитной обработки, электрокоагуляции и др.

Коагуляция основана на принципе слипания мелкодисперсных частиц под воздействием *коагулянтов*, в результате чего образуются агломераты из мелких частиц и увеличивается скорость их осаждения. В качестве коагулянтов применяют соли алюминия, железа, магния, известь и др. Для ускорения процесса коагулирования добавляют *флокулянты* – синтетические высокомолекулярные вещества (полиакриламид, полиэтиленамин и др.).

Флотация основана на процессе прилипания загрязняющих веществ к поверхности раздела двух фаз, чаще всего воздуха и воды. Для усиления процесса флотации в сточные воды вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ) и пенообразователи. Для усиления процесса пенообразования используют сжатый воздух и мешалки. При перемешивании образуются комплексы в виде грязной пены, которую удаляют с поверхности воды.

Сорбция – процесс поглощения вредных веществ из сточных вод твердым телом или жидкостью – сорбентом, в качестве которого могут быть использованы: зола, торф, коксовая мелочь, активированный уголь. Если адсорбирующее вещество не представляет особой ценности, то после полного насыщения адсорбента его уничтожают. Если адсорбент представляет определенную ценность, то его подвергают регенерации.

Химическая очистка заключается в использовании реагентов, которые, вступая в реакцию с загрязняющими веществами, образуют новые вещества, легче удаляемые из воды. К химической очистке относятся методы нейтрализации и окисления.

Нейтрализация – химическая реакция между веществами с кислотными и щелочными свойствами. Для нейтрализации кислых вод применяют известняк, мрамор, доломит и др. Щелочные сточные воды нейтрализуют кислыми отходами или кислотой.

При **окислительном** методе токсичные примеси обеззараживают хлором, хлорной известью, озоном, кислородом и др.

Термический метод опреснения с помощью высоких температур называется *дистилляцией* (выпаривание) с получением сухого остатка для сжигания или захоронения. С помощью низких температур – *кристаллизация* (замораживание). При этом чистая вода замерзает, а рассол – нет, и его удаляют (сливают). Этот метод используется для очистки высокоминерализованных сточных вод.

Биохимическая очистка. Метод состоит в окислении органических примесей с помощью микроорганизмов, способных в про-

цессе своей жизнедеятельности разлагать их на минеральные составляющие.

Обычно это завершающий метод очистки воды в естественных условиях – биологических прудах. При этом концентрация сбрасываемых с водой химических веществ не должна быть более такой, которая может уничтожить бактерии.

3.9. Практические варианты очистки карьерных вод в Кузбассе

Чаще всего карьерные сточные воды загрязнены взвешенными веществами (угольными, глинистыми частицами), нефтепродуктами и незначительным количеством других загрязнителей.

Наиболее применима в этой ситуации схема очистки воды «отстаивание – фильтрование». Обычно отстойник не полностью отвечает требованиям очистки от мелкодисперсных частиц. Поэтому доочистка осуществляется в фильтрующем массиве.

Из водосборника карьерного водоотлива 1 вода сбрасывается в пруд-отстойник 2, который образуется перед фильтрующим массивом 3, сложенным из вскрышных пород (рис. 3.12). Материал фильтрующего массива не должен повышать уровень минерализации воды и загрязнять воду другими примесями. Вскрышные породы разрезов Кузбасса (песчаники, алевролиты, аргиллиты) по своим физико-механическим и химическим свойствам полностью удовлетворяют этим требованиям.

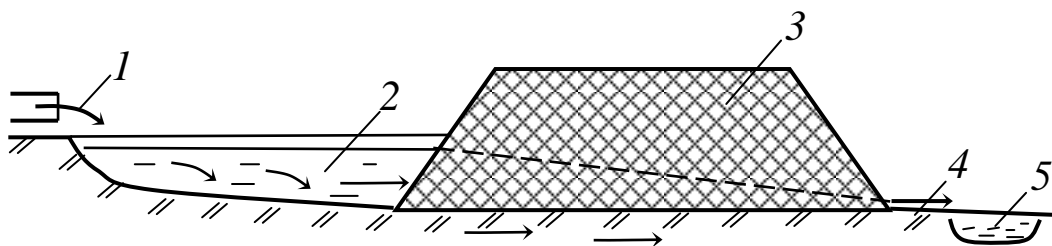


Рис. 3.12. Схема фильтрующего массива: 1 – сброс карьерных вод; 2 – пруд-отстойник; 3 – фильтрующий массив; 4 – сток очищенной воды; 5 – водоем

Необходимая длина отстойника устанавливается из выражения

$$L_{\text{отс}} \geq \frac{HV}{U_0},$$

где H – глубина отстойника, м; V – скорость потока в отстойнике, м/с; U_0 – гидравлическая крупность частиц, м/с.

Обычно глубина отстойника составляет от 1,5 до 4 м, а длина примерно в 10 раз больше.

Ширина отстойника определяется по формуле

$$B = \frac{Q}{3600VN},$$

где Q – производительность отстойника, м³/ч.

Экспериментальным путем определено, что изменение концентрации взвешенных частиц при фильтрации воды через крупнокусковатые породы отвалов подчиняется зависимости [7]

$$C_{\text{вых}} = C_0 \exp(-\eta L) \leq C_{\text{пдк}},$$

где C_0 , $C_{\text{вых}}$, $C_{\text{пдк}}$ – начальная, конечная и предельно допустимая концентрация взвеси в воде, мг/л; η – показатель фильтрования, который зависит от физико-механических свойств пород и грансостава; L – длина фильтрации, м.

Исходя из этого условия определение длины фильтрации воды в фильтрующем массиве, обеспечивающей снижение концентрации взвешенных частиц в сбрасываемых водах до норм ПДК в водных объектах, выполняется по формуле

$$L = \frac{1}{\eta} \ln \frac{C_0}{C_{\text{пдк}}}. \quad (3.11)$$

Гранулометрический состав вскрыши при отсыпке образует массив с пустотами, по которым происходит фильтрация. Постепенно пустоты кальматируются, куски породы и угля сорбируют загрязняющие частицы, уровень воды в отстойнике увеличивается до некоторой критической отметки, после чего необходимо вводить в действие другой фильтрующий массив.

При недостатке материалов, необходимых для формирования фильтрующего массива, можно отсыпать не весь массив из песчаника, а только необходимый для фильтрации слой. Высота этого слоя определится из условия

$$h_{\Phi i} = \frac{TQ(C_0 - C_{\text{пдк}})}{1000LbK_{\text{исп}}\rho}, \quad (3.12)$$

где T – срок эксплуатации фильтрующего массива, лет; Q – количество очищаемой воды, м³/ч; b – ширина фильтрующегося потока, м; $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования фильтрующего слоя; ρ – плотность осадка, кг/м³.

На шахте им. С. М. Кирова в г. Ленинске-Кузнецком для снижения концентрации взвешенных с 1000 мг/л до 10 мг/л необходимо было отсыпать длину фильтрующего массива около 250 м. Для доочистки сточных вод на Толмачевских очистных сооружениях в г. Прокопьевске с 60–80 мг/л до 6–8 мг/л необходима была длина фильтрующего слоя около 70 м с высотой фильтрующего слоя в начале фильтрации воды 3,5 м и на выходе 0,7 м.

3.10. Экономическая оценка экологического ущерба водным ресурсам

Экологический ущерб водным ресурсам от загрязнения представляет собой оценку в денежной форме возможных (расчетных) отрицательных последствий. Если в рассматриваемый период времени удалось избежать (предотвратить) экологического ущерба от загрязнения воды в результате проведения комплекса организационно-экономических, контрольно-аналитических и технико-технологических мероприятий по охране водной среды и водного фонда, то такой ущерб рассматривается как предотвращенный.

Расчетная формула имеет вид [9]

$$Y_{\text{вод}} = \gamma\sigma_k(M_{1\text{вод}} - M_{2\text{вод}}), \quad (3.13)$$

где $Y_{\text{вод}}$ – эколого-экономическая оценка величины предотвращенного ущерба водным ресурсам, тыс. руб./год; γ – показатель удельного ущерба водным ресурсам, наносимого единицей приведенной массы загрязняющих веществ на конец расчетного периода (в Кемеровской области $\gamma = 8219,2$), руб./усл. т; $M_{1\text{вод}}$, $M_{2\text{вод}}$ – приведенные массы сброса загрязняющих веществ в водные объекты соответственно на начало и конец расчетного периода, усл. т; σ_k – коэффициент экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам рек (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Экологическая значимость водных объектов в Кемеровской области

Бассейн реки	Административная территория городов	Коэффициент экологической ситуации σ_k
Томь	Междуреченск, Мыски, Киселевск, Прокопьевск	1,29
	Новокузнецк, Кемерово	1,22
	Юрга	1,02
Мрасс-Су	Таштагол, Осинники, Калтан	1,02
Иня	Белово, Ленинск-Кузнецкий, Топки	1,29
	р. п. Промышленный	1,22

Приведенная масса загрязняющих веществ представляет собой условную величину, позволяющую в сопоставленном виде отразить вредность или эколого-экономическую опасность всей суммы разнообразных загрязнений, поступающих в водную среду от источников сброса (промышленных предприятий – поверхностный сток, коммунально-бытовой сброс, водоотлив и т. д.).

$$M_{1\text{вод}}(M_{2\text{вод}}) = \sum_{i=1}^n m_i K_{э\text{ивод}}, \quad (3.14)$$

где m_i – масса фактического сброса i -го загрязняющего вещества, т/год; $K_{э\text{ивод}}$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го загрязняющего вещества (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Значения коэффициента относительной эколого-экономической опасности некоторых веществ

Загрязняющее вещество	$K_{э\text{ивод}}$
Кальций	0,05
Взвешенные вещества	0,15
Свинец	11,0
Нефтепродукты	20,0
Фенолы	550,0
Ртуть	15000,0

Масса фактического сброса определяется на основе данных статистической отчетности (форма 2-ТП водхоз), данных аналитических лабораторий, аттестованных на право проведения соответствующих анализов, материалов контрольных служб территориальных природоохранных органов.

3.11. Рекультивация горных выработок под водоем рыбохозяйственного значения

В основу оценки естественной рыбопродуктивности водоемов, образуемых в выработанном пространстве карьера, положены следующие показатели:

1. Водородный показатель рН (благоприятный рН = 6,5–8,5).
2. Температура воды ($t = 20–25$ °С).
3. Средняя глубина водоема.
4. Площадь зеркала воды (рациональная площадь 50 га).
5. Растительность, прилегающая к водоему части водосбора.
6. Возможность регулирования уровня позволяет поддерживать оптимальную глубину.
7. Грунт водоема (для развития кормовой базы рыб).

Кроме того, содержание токсичных и вредных веществ в водоеме должно быть ниже ПДК.

Общее количество баллов оценивается продуктивностью как произведение отдельных показателей [4]:

$$B_{\text{пр}} = B_{\text{рН}} B_t B_h B_{\text{б}} B_y B_d,$$

где $B_{\text{рН}}$ – балл за водородный показатель рН в воде; B_t – балл за температуру; B_h – балл за глубину водоема; $B_{\text{б}}$ – балл за состояние береговой растительности; B_y – балл за регулирование уровня; B_d – балл за качество дна водоема.

Естественная продуктивность водоема определяется по формуле

$$P_e = ПБ_{\text{пр}},$$

где $П$ – максимальная естественная продуктивность прудов для данной климатической зоны, т.

Контрольные вопросы

1. Какие типы вод выделяются в пределах Кузбасса?
2. Какими факторами характеризуются напорные и безнапорные водоносные горизонты?
3. Как изменяется средняя обводненность пород разрезов Кузбасса с глубиной?
4. Назовите основные методы определения притоков в карьеры.
5. Из каких водопритокков складывается общий водоприток в карьер?
6. Какими методами определяется коэффициент фильтрации?
7. Мероприятия для защиты карьера от попадания в него воды.
8. Назовите основные виды дренажных устройств.
10. Основные показатели, характеризующие качество воды.
11. Сущность дренажной щели, образованной взрывом.
12. Назовите виды водных ресурсов.
13. Мероприятия по охране и рациональному использованию водных ресурсов.
14. Какие существуют способы заряжания обводненных взрывных скважин?
15. Химическая и биохимическая очистка карьерных вод.
16. Физико-химическая очистка карьерных вод.
17. Оценка экологического ущерба водным ресурсам.
18. Рекультивация горного объекта под объект рыбохозяйственного назначения.

4. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

4.1. Классификация нарушенных земель при открытых горных работах

В результате антропогенного воздействия на поверхность земли, и в частности при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, происходит ее нарушение, начало которого закладывается с геологоразведочными работами на месторождении и продолжается до полной его отработки (рис. 4.1) [4].



Рис. 4.1. Схема нарушения территорий при разведке и разработке месторождений

Нарушенными называются земли, утратившие свою ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на природную среду. При нарушении земной поверхности почвенный слой претерпевает физическое, химическое и механическое воздействие.

Физическое нарушение структуры почв связано с изменением режима почвенных и подземных вод, ландшафта и деформациями поверхности.

Химическое нарушение обусловлено их загрязнением технологическими отходами и выбросами вредных примесей в атмосферу и гидросферу.

Механическое нарушение происходит в результате засорения твердыми частицами с отвалов драг, шламохранилищ.

В результате на загрязненных и нарушенных землях происходит снижение урожайности.

Под охраной и рациональным использованием земельных ресурсов при строительстве и эксплуатации горнопромышленного предприятия следует понимать снижение до минимума или полное исключение нарушений земной поверхности и обеспечение оптимальной продуктивности угодий, расположенных в зоне активного действия предприятия.

Характер нарушений земной поверхности при открытой разработке месторождений в первую очередь зависит от условий залегания полезного ископаемого, т. к. это оказывает влияние на порядок разработки месторождения и место расположения отвалов.

При разработке *горизонтальных и пологих* месторождений основной объем пустых пород размещают в выработанном пространстве (рис. 4.2).

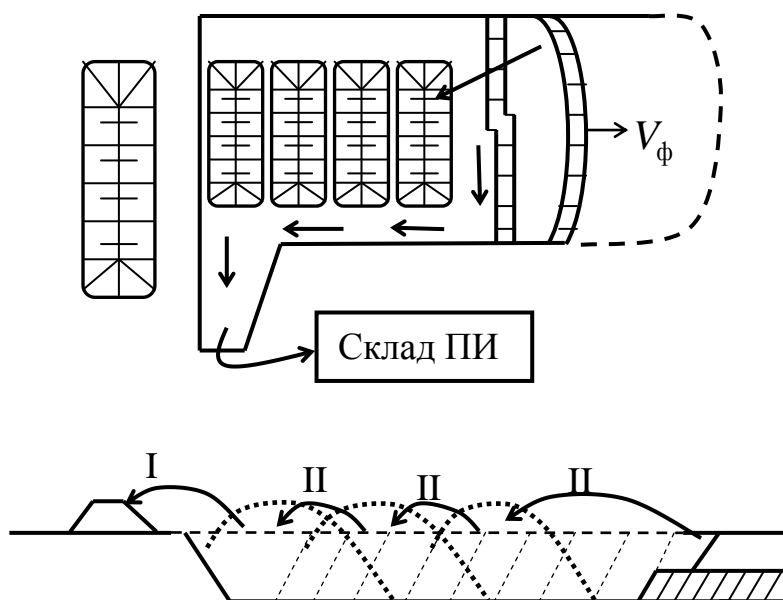


Рис. 4.2. Схема нарушений земной поверхности при разработке горизонтальных месторождений: I – при проведении разрезной траншеи; II – при внутреннем отвалообразовании; V_ϕ – фронт горных работ

При разработке *крутых и наклонных* залежей породу размещают во внешние отвалы (рис. 4.3).

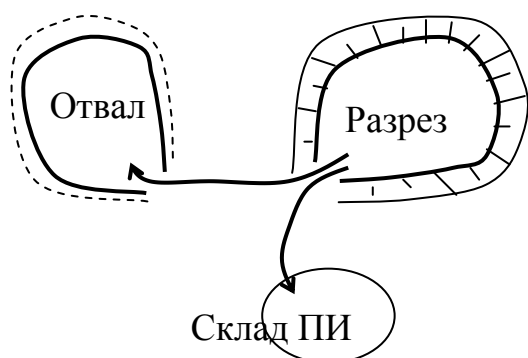


Рис. 4.3. Схема нарушений земной поверхности при разработке крутопадающих месторождений

Открытой разработке свойственны обширные ландшафтные нарушения. Причем значительная часть нарушений земной поверхности представлена в виде отвалов вскрышных пород, располагаемых за пределами карьерных полей. Каждый участок земли, нарушенный открытыми горными работами, негативно влияет на участок территории примерно такой же площади.

В соответствии с существующим законодательством участок земли, на котором располагается предприятие по разработке месторождения, оформляется актом земельного отвода.

Земельным отводом называется участок земной поверхности, занимаемый всеми объектами предприятия по добыче и переработке полезного ископаемого с транспортными и другими коммуникациями, а также санитарно-защитной зоной (рис. 4.4).

Площадь земельного отвода горного предприятия зависит от горнотехнических условий, способа отработки (открытой или подземной), схемы вскрытия и системы отработки способа отвалообразования, санитарной зоны и т. д. Земельный отвод горного предприятия представлен нарушенными и ненарушенными землями.

К нарушенным землям относятся:

1. Горные выработки (карьерные выемки, траншеи, котлованы, нагорные канавы).
2. Земли, занятые внешними отвалами, шламохранилищами, гидроотвалы.
3. Объекты промплощадки, транспортные коммуникации.

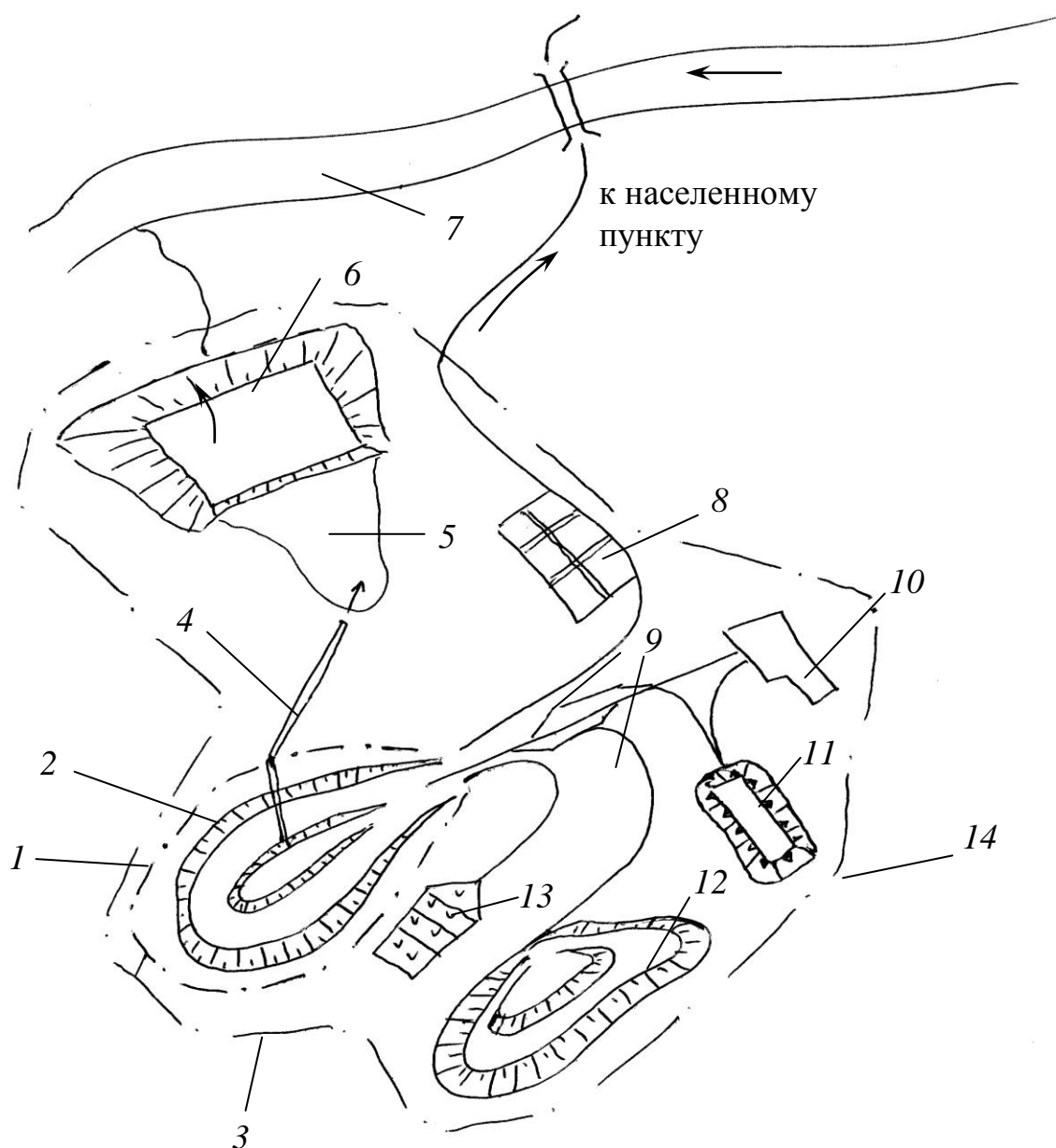


Рис. 4.4. Схема расположения основных объектов карьера в границах земельного отвода: 1 – граница горного отвода; 2 – карьер; 3 – граница санитарно-защитной зоны карьера; 4 – карьерный водоотлив; 5 – пруд-отстойник; 6 – фильтрующий массив; 7 – река; 8 – промплощадка; 9 – транспортные коммуникации; 10 – техкомплекс; 11 – угольный склад; 12 – отвал вскрышных пород; 13 – склад плодородного слоя; 14 – граница земельного отвода

Наиболее землеемкими технологическими объектами при открытой разработке месторождения являются: вскрывающие траншеи, карьерные выемки, внешние и внутренние отвалы, хвостохра-

нилища и гидротехнические сооружения. Естественно, что земли, занятые под эти объекты, исключаются из хозяйственного пользования.

Ненарушенные земли – это земли, прилегающие к складам ВВ (охранные зоны), а также площадки между застройками и объектами.

Полная площадь земельного отвода горного предприятия будет равна сумме площадей основных объектов с учетом развития предприятия:

$$S_{зо} = (S_{ГО} + S_{О} + S_{ХХ} + S_{СП} + S_{СЗЗ} + S_{ПП} + S_{Д})K_{РТ}, \quad (4.1)$$

где $S_{ГО}$ – площадь горного отвода, m^2 ; $S_{О}$ – площадь под отвалы, m^2 ; $S_{ХХ}$ – площадь под хвостохранилища, m^2 ; $S_{ПП}$ – площадь промплощадки (СНиП 1.02.01-85), m^2 ; $S_{СЗЗ}$ – площадь санитарно-защитной зоны (СНиП-245-71), m^2 ; $S_{СП}$ – площадь под склад плодородных почв, m^2 ; $S_{Д}$ – площадь под дороги (СНиП 1.2.02-85), m^2 ; $K_{РТ}$ – коэффициент развития территории ($K_{РТ} = 1,15–1,2$).

Учитывая, что в Кузбассе есть все разнообразие горнотехнических условий залегания от пологого до крутого, для примера среднего соотношения занятости площадей земельных отводов под отдельные объекты можно взять разрезы Кузбасса:

1. Выработанное пространство разрезов – 36 %.
2. Земли под промплощадки, дороги, ЛЭП и т. д. – 16 %.
3. Отвалы, в т. ч.:
 - внутренние – 8 %
 - внешние – 27 %
4. Хвостохранилища, гидроотвалы – 18 %.
5. Прочие объекты – 1 %.

Горным отводом называется часть земных недр, предоставленных пользователю для разработки месторождений полезных ископаемых при получении лицензии на пользование недрами. Граница горного отвода для разработки месторождений твердых полезных ископаемых определяется в соответствии с утвержденными запасами, включая запасы категории C_2 в объемах, разрешенных для проектирования с учетом разноса бортов карьера.

Площадь *горного отвода* определяется из расчета площади карьера (разреза) на дневной поверхности с учетом санитарно-защитной зоны (рис. 4.5)

$$S_{\text{ГО}} = S_{\text{К}} + S_{\text{СЗЗ}} \approx S_{\text{ПИ}} + H_{\text{К}} \text{ctg} \gamma_{\text{ср}} P_{\text{ср}} + P_{\text{К}}^{\text{В}} l_{\text{СЗЗ}}, \quad (4.2)$$

где $S_{\text{ПИ}}$ – площадь полезного ископаемого, м^2 ; $H_{\text{К}}$ – глубина карьера, м; $\gamma_{\text{ср}}$ – средний угол откосов бортов карьера, град; $l_{\text{СЗЗ}}$ – ширина санитарно-защитной зоны, м; $P_{\text{ср}}, P_{\text{К}}^{\text{В}}$ – средний периметр карьера и периметр карьера поверху, м.

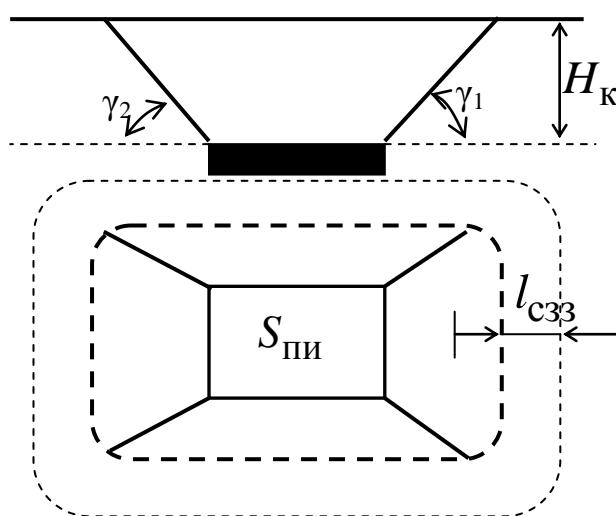


Рис. 4.5. Схема к расчету площади горного отвода

Площадь *санитарно-защитной* зоны вокруг объектов горного производства принимается согласно санитарным нормам. Ориентировочные размеры санитарно-защитной зоны по СНиП-245-71 принимаются для горных предприятий по добыче руд свинца, мышьяка, ртути, марганца – 1000 м; при добыче угля, горючих сланцев, железных руд, горных пород и т. п. – 500 м; при добыче строительных материалов, асбеста, магнезитов, доломитов – 300 м.

Площадь *под отвалы* определяется исходя из объема вскрышных пород и размещается по возможности в непосредственной близости от карьера на площадях, на которых нет полезного ископаемого.

При одноярусном отвале

$$S_{01} = \frac{V_B K_p}{h_1}, \quad (4.3)$$

где V_B – объем вскрыши в отвале, м³; K_p – коэффициент разрыхления; h_1 – высота первого яруса отвала, м.

При двухъярусном отвале

$$S_{02} = \frac{V_B K_p}{h_1 + \eta h_2}, \quad (4.4)$$

где h_2 – высота второго яруса отвала; η – коэффициент заполнения площади второго яруса.

При строительстве горного предприятия требуется снимать плодородный слой почвы и либо складировать его, либо сразу переносить на рекультивируемые земли и малопродуктивные угодья. Под плодородным слоем почвы понимается верхняя гумусовая часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и аграрными свойствами. Хранить гумусовый слой почвы в штабелях высотой 5–10 м можно до 10 лет. Для предохранения штабеля плодородного слоя от водной и ветровой эрозии поверхность выравнивается и засеивается травами. Норма снятия плодородного слоя регламентируется ГОСТ 17.5.06–85 и вычисляется по формуле

$$M_{\Pi} = tSp, \quad (4.5)$$

где t – глубина снятия плодородного слоя почвы, м; S – площадь почвенного контура с одинаковым качеством плодородного слоя, м²; p – плотность плодородного слоя, т/м³.

Площадь под **склад плодородных почв** (чернозема) определяется в зависимости от площади и мощности снимаемого слоя, величины потерь и разубоживания чернозема в процессе горных работ:

$$S_{\text{спп}} = \frac{Sm(1-p)}{(1-r_{\Pi})h_{\text{спп}}}, \quad (4.6)$$

где $h_{\text{спп}}$ – высота склада плодородной почвы, м; p – величина потерь плодородного слоя почвы в результате горных работ, дол. ед.

При выполнении работ по снятию, транспортированию, складированию, перегрузке, рекультивации, землеванию малопродуктивных земель происходят потери почвы по количеству и качеству за счет ее разубоживания:

$$r_{\Pi} = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{M_{\Pi}}, \quad (4.7)$$

где B_1, B_2, B_3 – соответственно масса породы, примешанной к почве при выемке, хранении и перегрузке, рекультивации, т.

Рациональное использование и охрана земель в пределах промплощадок основана, прежде всего, на том, чтобы по возможности располагать промплощадки и др. технологические сооружения на землях, малоценных с точки зрения сельского и лесного хозяйства.

4.2. Выбор места расположения отвалов с позиций рационального землепользования

С целью сохранения высокопродуктивных земель внешние отвалы должны располагаться преимущественно на не пригодных для сельского хозяйства землях. При этом необходимо учитывать рельеф местности, господствующие ветры, соблюдать санитарно-защитные зоны. Не допускается размещение отвалов и на землях государственного лесного фонда, на территориях зеленых зон городов и поселков городского типа, на землях, выполняющих защитные и санитарно-гигиенические функции и являющихся местом отдыха населения, а также в первом поясе зоны санитарной охраны источников водоснабжения, в зоне курортов, на землях заповедников и в местах залегания полезных ископаемых.

Выбор места расположения отвалов пустых пород требует тщательного экологического и экономического обоснования с детальным анализом природных технических, технологических и организационных факторов. Необходимо установить ценность отчуждаемых земель и возможное снижение плодородия земель, прилегающих к отвалам, режим отчуждения и восстановления земель, которые зависят от параметров и порядка формирования отвалов в плане и по высоте. В этом случае решаемая задача в общем виде может быть представлена функцией минимизации затрат

$$\sum_i^n \sum_t^T Z = Z_o + Z_{к.у} + Z_p + Z_{т.в} + Z_{отв} \rightarrow \min,$$

где n – число отвалов пустых пород, шт.; T – оптимизируемый период (срок эксплуатации отвалов до момента окончания их

рекультивации и сдачи пользователям), лет; Z_0 – затраты на отчуждение земель под внешние отвалы, руб.; $Z_{к.у}$ – затраты на компенсацию ущерба от снижения плодородия прилегающих к отвалам земель, руб.; Z_p – затраты на рекультивацию нарушенных земель, руб.; $Z_{т.в}$ – затраты на транспортирование вскрыши от карьера до отвалов, руб.; $Z_{отв}$ – затраты на отвальные работы, руб.

Развитие отвала в плане влияет на режим нарушения и восстановления земель, особенно при отсыпке их на наклонном основании. По мере развития отвала увеличивается его высота и снижается землеемкость отвальных работ. Односторонняя отсыпка отвала на полную его высоту способствует приближению сроков начала рекультивационных работ. Многоэтапное комбинированное формирование отвалов в плане также способствует выбору рационального режима использования земель.

Схемы формирования внешних отвалов характеризуются направлением формирования в плане и профиле. Рациональные схемы формирования отвалов зависят от рельефа поверхности, местоположения отвалов по отношению к границам карьерного поля, порядка заполнения отвалов, перемещения отвального фронта, формы и размеров земельных участков, отчуждаемых под отвалы. Выделяют следующие основные направления развития отвала в плане: одностороннее продольное (рис. 4.6, а); одностороннее поперечное (рис. 4.6, б); двустороннее продольное (рис. 4.6, в); двустороннее поперечное (рис. 4.6, г); веерное (рис. 4.6, д); комбинированные способы при поэтапном формировании отвалов (рис. 4.6, е, ж, з) [3].

Отвалы, сформированные на большой площади, имеют меньшую землеемкость по сравнению с разобщенными отвалами с одинаковой суммарной емкостью.

Интенсивность нарушения земель и возможность их возврата в народнохозяйственное использование во многом зависят от схемы их формирования в профиле (по высоте отвалов). Независимо от способа механизации отвальных работ возможны две принципиально различные схемы формирования отвала (рис. 4.7).

Первая схема (*поярусная*) позволяет в начальный период эксплуатации карьера сократить транспортные затраты за счет небольшой высоты подъема вскрышных пород, но для размещения

вскрыши требуется изымать большие площади. Расчеты и практика показывают, что при этой схеме рекультивационные работы можно начинать через 15–20 лет после начала формирования отвала.

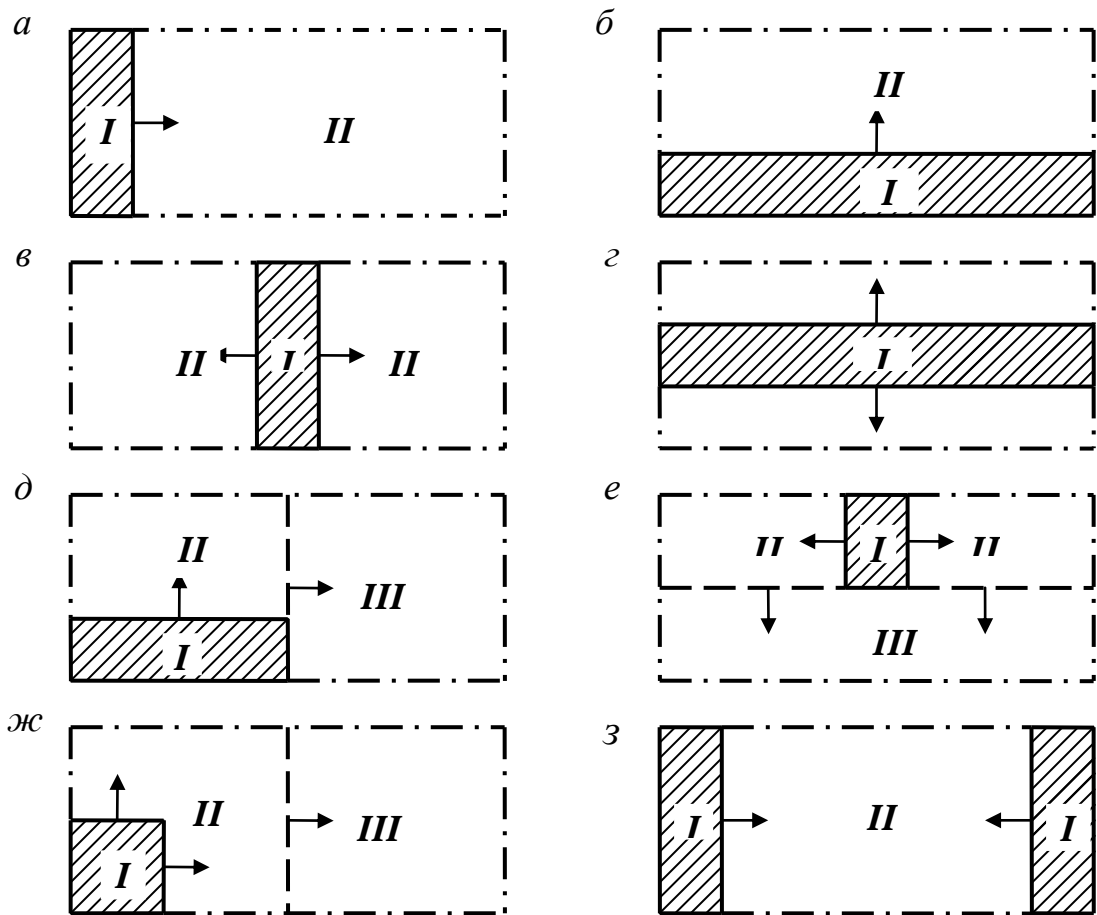


Рис. 4.6. Схемы формирования внешних отвалов в плане: а, б, в, г, д, е, ж, з – варианты; I, II, III – последовательность заполнения отвала

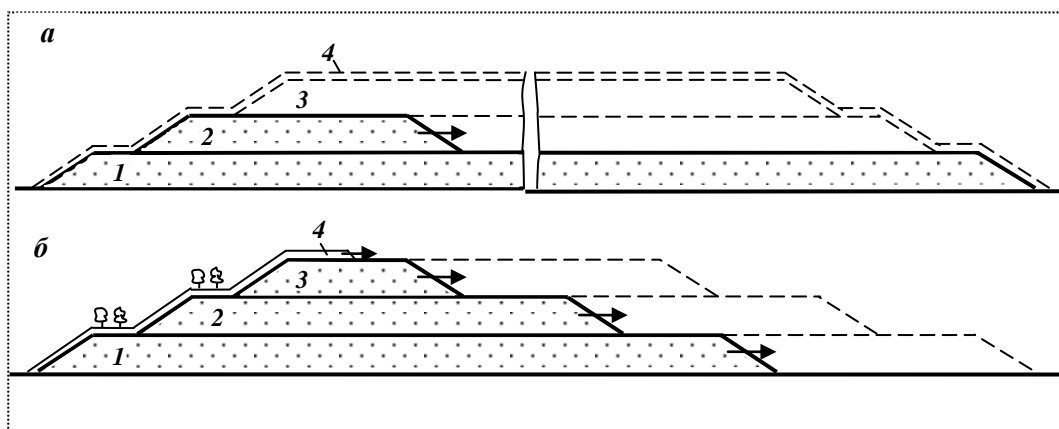


Рис. 4.7. Схемы формирования отвалов в профиле: а – поярусная; б – одновременная отсыпка всех ярусов на всю высоту отвала; 1, 2, 3 – отвальные ярусы; 4 – рекультивируемая поверхность отвала

К этому времени для перекрытия индифферентных пород верхнего яруса возникает потребность в потенциально плодородных породах, резервы которых могут быть исчерпаны, так как в этот период, как правило, отрабатываются глубокие горизонты карьера.

При формировании отвалов отдельными ярусами возможно лишь частичное совмещение работ по отсыпке ярусов и выполаживанию их откосов.

Вторая схема (*одновременная отсыпка всех ярусов на всю высоту отвала*) более сложная по организации работы транспорта, особенно железнодорожного, однако обеспечивает минимальный ежегодный земельный отвод под отвалы. При этой схеме формирование отвала в пределах земельного отвода производится в два этапа. На первом этапе формирование отвалов необходимо вести таким образом, чтобы они в минимальные сроки достигли проектной высоты. На следующем, основном, этапе при соблюдении нормально допустимой ширины рабочих площадок и требований безопасности ведения работ одновременно производить отсыпку всех ярусов с равномерным продвижением их фронта. В зависимости от годового объема вскрышных пород и способа механизации вторая схема отвалообразования позволяет сократить разрыв во времени между изъятием земель и их рекультивацией до 3–7 лет, а также снизить степень водной и воздушной эрозии отвалов. При этом обеспечивается поэтапный отвод земель, а также совмещаются во времени процессы отвалообразования и рекультивации. К этому времени при разработке верхних горизонтов карьеров имеются резервы потенциально плодородных пород.

Поэтому с позиций рационального землепользования не следует применять схему поярусного формирования высоких отвалов, особенно на ценных землях, пригодных для сельскохозяйственного производства. Параметры внешних отвалов в значительной степени влияют на показатели землепользования. От таких параметров отвала, как его объем, высота и форма основания, зависят интенсивность нарушения земель, сроки рекультивации, отвально-рекультивационных и транспортных работ.

Для любой формы отвала наличие наклонных поверхностей (откосов) снижает эффективность использования отчуждаемых земель.

С увеличением периметра основания отвала эффективность использования земель снижается, что вызывает необходимость отчуждения большей площади земель.

Увеличение высоты отвалов позволяет повысить их приемную способность, уменьшить площади занимаемых ими земель и снизить стоимость отвальных работ. Например, увеличение высоты в 2 раза позволит уменьшить землеемкость отвальных работ в 1,4–1,9 раза (в зависимости от объема отвала). Однако увеличение высоты отвала вызывает удорожание транспортных и рекультивационных работ. При этом усложняются условия для рекультивации, увеличивается разрыв во времени между нарушением и возвратом рекультивируемых земель, ограничивается число рациональных видов биологической рекультивации. Более высокие отвалы за счет сноса пыли более интенсивно загрязняют прилегающую территорию. Поэтому в каждом конкретном случае существуют рациональные параметры отвала (объем, высота, длина, ширина, угол откоса), обеспечивающие высокие технико-экономические показатели и отвечающие требованиям рационального землепользования.

Чаще всего отвал размещается на землях сельскохозяйственного или лесного назначения, поэтому считается, что нарушаются земли, занятые отвалом, в том числе территории вокруг отвала, загрязненные пылью.

Выбор места расположения отвала и его форма имеют большое значение для решения вопроса рационального использования земель. Площадь под отвал в общем случае определяется исходя из объема вскрышных пород, укладываемых в отвал [2]:

$$V_{от} = S_{д}H_{к} + 0,5 PH_{к}^2 \operatorname{ctg} \gamma_{ср} + \pi H_{к}^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср} / 3 (1 - K_{у} K_{р}), \quad (4.8)$$

где $S_{д}$ – площадь дна карьера, м²; $H_{к}$ – глубина карьера, м; P – периметр дна карьера, м; $\gamma_{ср}$ – усредненный угол откоса бортов карьера, град; $K_{у}$ – коэффициент угленосности; $K_{р}$ – коэффициент разрыхления горной массы.

Рекомендуется формировать отвалы с основанием в форме правильной геометрической фигуры (круга, квадрата или прямоугольника). Тогда основные параметры отвала определяются:

- для отвала с основанием в форме круга (усеченный конус):

$$\left. \begin{aligned} R &= 0,25 C + \sqrt{V_{от} / \pi h_0 - 0,02 C^2}; \\ S_B &= \pi R^2 - RC + C^2; \\ S_{\sigma} &= \pi h_0 \sin^{-1} \beta \ 2R - 0,5C; \\ S_{oc} &= \pi R^2; \ P_0 = 2\pi R; \end{aligned} \right\} \quad (4.9)$$

- для отвала с основанием в форме квадрата (усеченная пирамида):

$$\left. \begin{aligned} B &= 0,5 C + \sqrt{V_{от} / h_0 - 0,08 C^2}; \\ S_B &= B^2 - 2BC + C^2; \\ S_{\sigma} &= 2h_0 \sin^{-1} \beta \ 2B - C; \\ S_{oc} &= B^2; \ P_0 = 4B; \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

- для отвала с основанием в форме прямоугольника:

$$\left. \begin{aligned} B &= \left[0,05C \ n+1 + \sqrt{4V_{от} \cdot n / h_0 + 0,25 C^2 \ n+1^2 - 1,32 nC^2} \right] / 2n; \\ L &= Bn; \ S_B = nB^2 - BC \ n+1 + C^2; \\ S_{\sigma} &= 2h_0 \sin^{-1} \beta [B \ n+1 - C]; \\ S_{oc} &= LB = B^2 \cdot n; \ P_0 = 2 \ L + B, \end{aligned} \right\} \quad (4.11)$$

где $C = 2h_0 \text{ctg} \beta$; β – угол естественного откоса отвала; h_0 – высота отвала, м; $V_{от}$ – объем вскрыши, укладываемой в отвал, м³; R, B, L – соответственно радиус, ширина и длина основания отвала, м; n – соотношение длины к ширине основания отвала с прямоугольным основанием; S_B, S_{σ}, S_{oc} – соответственно площади верхней, боковой поверхностей и основания отвала, м²; P_0 – периметр основания отвала, м.

Критериями эффективности формы отвалов в плане является:

- вместимость 1 га основания отвала

$$W_{\text{осн}} = \frac{V_0}{S_0},$$

где S_0 – площадь санитарной зоны, приходящаяся на 1 млн м³ вскрыши;

- коэффициент формы отвала

$$k_{\text{ф}} = \frac{P_{\text{осн}}}{P_{\text{кр}}},$$

где $P_{\text{осн}}$ – периметр основания отвала, м; $P_{\text{кр}}$ – периметр круга, площадь которого равна площади основания отвала, м.

Периметр основания отвала возможно ориентировочно рассчитать по формуле

$$P = k_{\text{ф}} \sqrt{S_0}.$$

При постоянной площади основания отвала коэффициент $k_{\text{ф}}$ минимальный для отвала, имеющего форму круга или квадрата. У отвалов круглой формы периметр основания в 1,13–1,41 раза меньше, чем у отвалов прямоугольной формы.

4.3. Рекультивация нарушенных земель

Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

Объект рекультивации земель – это нарушенный земельный участок, подлежащий рекультивации.

К основным объектам рекультивации относятся: карьерные выемки, мульды оседания, прогибы, провалы, отвалы, траншеи, нарушения по трассам авто- и железных дорог, трубопроводов, промплощадки, коммуникации предприятий, загрязненные земли и др.

При открытом способе добычи должны удовлетворяться следующие условия:

1. Рекультивация земель должна выполняться исходя из необходимости ускоренного возврата нарушенных площадей для использования в народном хозяйстве.

2. В процессе ведения добычных и рекультивационных работ необходимо:

- предварительное снятие и складирование плодородного слоя, т. е. верхней гумусированной части почвенного профиля, обладающей благоприятными для роста растений химическими, физическими и агрохимическими свойствами;

- проведение мероприятий по организации стока ливневых и технических вод в специальные гидротехнические сооружения;

- строительство отводных каналов для пропуска воды естественных водотоков;

- устройство гидротехнических сооружений при размещении отвалов;

- формирование бортов карьеров и откосов отвалов, устойчивых к оползням, осыпям, а поверхности отвалов – к просадкам;

- обеспечение мероприятий по регулированию водного режима в рекультивационном слое.

Рекультивационный слой – это слой с благоприятными для произрастания растений свойствами, искусственно создаваемый при рекультивации земель.

Существуют направления рекультивации земель для определенного целевого использования, это:

- сельскохозяйственное направление рекультивации земель, т. е. создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий;

- лесохозяйственное направления рекультивации земель, т. е. создание на нарушенных землях лесных насаждений различного типа;

- водохозяйственное направление рекультивации земель – создание в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения;

- рекреационное направление рекультивации земель – создание на нарушенных землях объектов отдыха;

- природоохранное направление рекультивации земель – приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для использования в природоохранных целях;

- санитарно-гигиеническое направление рекультивации земель – биологическая или техническая консервация нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, поскольку рекультивация этих земель для использования в народном хозяйстве экономически не эффективна;

- строительное направление рекультивации земель – приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного, гражданского и прочего строительства.

Наиболее эффективно применение комплексного решения рекультивации, т. е. достижение одновременно нескольких целей.

Рекультивация осуществляется в два этапа. Первый этап рекультивации – это технический этап. Состав работ и требования к техническому этапу рекультивации определяются исходя из необходимости возврата нарушенных земель для использования в народном хозяйстве. Они включают:

1. Планировку участков нарушенных земель с соблюдением допустимых уклонов.

2. Обеспечение наиболее правильной геометрической формы планируемой территории (прямоугольная, круглая).

3. Создание рекультивационного слоя с заданными параметрами, включая нанесение плодородного слоя.

4. Создание экранов при наличии в основании рекультивируемой поверхности токсичных пород.

5. Создание отвалов с учетом условий, исключающих заболачивание рекультивируемой поверхности.

6. Формирование отвалов из пород, подверженных горению, должно производиться по схеме, исключающей самовозгорание, при этом рекультивационный слой отвалов должен создаваться из пород, пригодных для биологической рекультивации.

Технология технического этапа рекультивации откосов внешних отвалов. Техническая рекультивация выполняется горными или специализированными предприятиями. Планировочные работы при террасировании откосов выполняются бульдозерами с выравниванием поверхности, удалением негабарита, подготовкой съездов и дорог на террасы. Планировочные работы являются наиболее трудоемкими работами при техническом этапе. Их доля иногда составляет до 80 % всех затрат на рекультивацию.

В соответствии с ГОСТ 17.5.1-83 планировка подразделяется на грубую и чистовую.

Грубая планировка – это предварительное выравнивание поверхности с выполнением основного объема земляных работ. Ее рекомендуется проводить вслед за продвижением отвального фронта. Грубая планировка может быть сплошной, частичной, террасами.

Чистовая планировка – это окончательное выравнивание поверхности. Она проводится перед нанесением плодородного слоя, в зависимости от рельефа, направлений дальнейшего использования восстанавливаемых земель.

С целью исключения возможности деформации или разрушения откосов, а также для их дальнейшего использования при проведении рекультивационных работ производится выполаживание откосов. При этом возникает необходимость в дополнительном изъятии земель

$$S_{\text{д}} = 10^{-4} \Delta B_0 P_0,$$

где ΔB_0 – приращение заложения откоса нижнего отвального уступа, м; P_0 – периметр основания отвала, м.

При выполаживании откоса отвала с устройством террас приращение заложения откоса определяется по выражению

$$\Delta B_0 = 0,5h_0(\text{ctg}\beta_0 - \text{ctg}\alpha_0),$$

где h_0 – высота отвального уступа, м; α_0 – угол естественного откоса отвального уступа, град; β_0 – угол откоса выположенного нижнего отвального уступа, град.

Выполаживание может быть как сплошным, так и с нарезкой террас.

Сплошное выполаживание целесообразно проводить на невысоких отвальных ярусах до 10–12 м. Сплошное выполаживание выполняется обычно бульдозерами с перемещением породы в направлении сверху – вниз. Возможно применение скреперов, одноковшовых фронтальных погрузчиков. Специфика работ при сплошном выполаживании заключается в том, что механизмы работают в разрыхленных породах и перемещаются по значительным уклонам.

Выполаживание «сверху – вниз» предполагает перемещение некоторого объема породы к основанию яруса для изменения угла естественного откоса β до угла устойчивости α (рис. 4.8).

При этом объем земляных работ определяется

$$V = \frac{H_0^2 \sin(\beta - \alpha) P_0}{8 \sin \beta \sin \alpha}, \quad (4.12)$$

где β – угол естественного откоса, град; α – угол склона спланированной поверхности, град; H_0 – высота отвального яруса, м; P_0 – периметр отвального яруса, м.

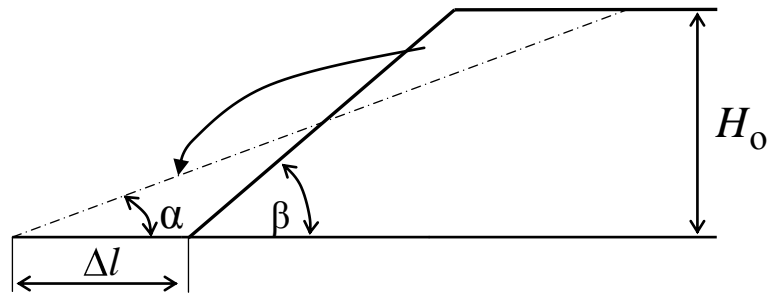


Рис. 4.8. Схема выполаживания откоса отвала «сверху – вниз»

Основной недостаток этого способа выполаживания отвала (яруса) состоит в том, что параметры основания увеличиваются на величину Δl . Таким образом, площадь нарушаемых земель возрастает на величину

$$\Delta S = \Delta l P_0 + \pi \Delta l^2, \quad (4.13)$$

где $\Delta l = 0,5 H_0 (\text{ctg} \beta - \text{ctg} \alpha)$.

С позиций рационального использования земель под отвалы рекомендуется выполаживание по схеме «снизу – вверх» (рис. 4.9).

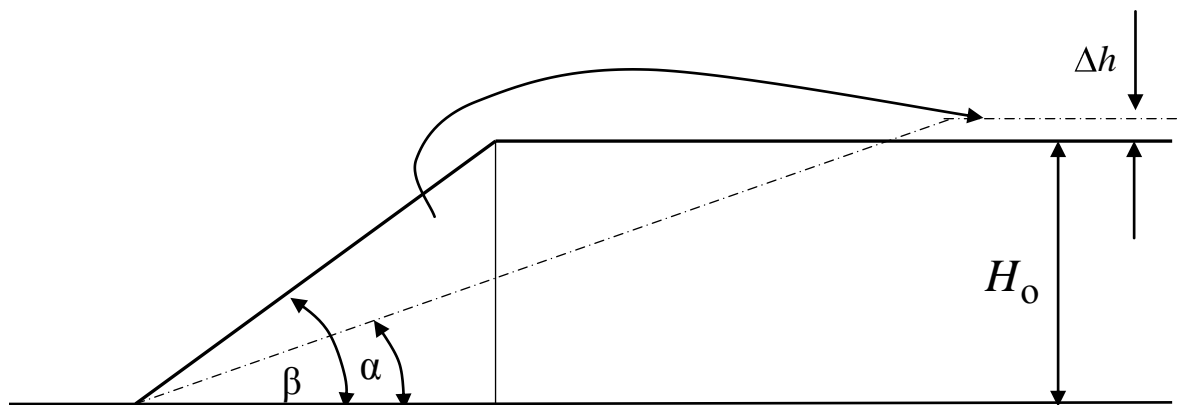


Рис. 4.9. Схема выполаживания откоса отвала «снизу – вверх»

В этом случае объем земляных работ определяется

$$V = \frac{H_0^2 \sin(\beta - \alpha) P_0}{2 \sin \beta \sin \alpha}. \quad (4.14)$$

При выколаживании откосов «снизу – вверх» объем земляных работ в 4 раза больше, чем в предыдущем варианте. Однако площадь отвала остается прежней, но увеличивается высота на величину Δh .

При высоте отвальных ярусов более 12–15 м выколаживание целесообразно проводить с созданием террас. В этом случае рекомендуется использовать мехлопаты и драглайны. При террасировании ширина бермы 10–12 м с обратным уклоном 1,5–2° должна обеспечивать безопасность работы механизмов и удовлетворять требованиям биологической рекультивации, т. е. созданию нормальных условий для высадки деревьев и кустарников с возможностью механизированного ухода за посадками.

Биологический этап рекультивации земель – это второй этап рекультивации земель, включающий мероприятия по возобновлению флоры и фауны и осуществляемый после технической рекультивации и способствующий восстановлению плодородия почвы.

Этот этап чаще всего выполняется сельскохозяйственными или специализированными предприятиями. Он начинается с организации и выполнения биомелиоративных работ по восстановлению плодородия нанесенного слоя почвы или создания на материнских грунтах плодородных субстратов. Потенциально плодородный слой почв представляет собой часть почвенного профиля, ограниченно обладающего благоприятными для роста растений физическими, химическими и агрохимическими свойствами.

Продолжительность биологического этапа зависит от конкретных условий рекультивации. На почвах, бедных элементами питания, предусматривается период мелиоративного освоения, в течение которого производят известкование, промывку, внесение повышенных доз удобрений, выращивание культур-мелиорантов (почвоулучшающих культур, например бобовых).

Затраты по рекультивации несут горные предприятия за счет себестоимости продукции.

4.4. Формирование гидроотвалов и хвостохранилищ

Гидроотвалы вскрышных пород предполагают использование значительных земельных ресурсов. Землеемкость гидроотвалообразования в 3 раза выше землеемкости экскаваторного отвалообразо-

вания при железнодорожном транспорте и бульдозерного – при автомобильном транспорте. Гидроотвалообразование характеризуется высокими темпами нарушения земель. Достоинством гидроотвалов является то, что для их формирования обычно отводятся малопригодные для сельского хозяйства земли (лога, овраги, косогоры). В результате их заполнения выравнивается земная поверхность, прекращается эрозионная деятельность. Породы гидроотвалов в основном пригодны для биологического освоения. В связи с этим существенно снижаются затраты на рекультивационные работы и создаются благоприятные условия для восстановления гидроотвалов под высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья. Гидроотвалы Кузбасса, например, сложены преимущественно покровными четвертичными суглинками, которые относятся к потенциально плодородным породам.

Благоприятные условия увлажнения, относительно однородный вещественный и гранулометрический состав, отсутствие фитотоксичных пород, ровная поверхность (обеспечивающая хорошие условия для работы машин) – все эти факторы облегчают ведение рекультивационных работ, имеющих целью скорейшее вовлечение земель в сельскохозяйственное производство. Гидроотвалы после их консолидации можно использовать для формирования «сухих» отвалов, что позволяет уменьшить потребность в отчуждении земель под внешние отвалы.

Рациональное землепользование при гидроотвалообразовании требует решения следующих задач:

- повышения устойчивости гидроотвалов путем выполнения инженерных мероприятий, что позволит увеличить объем гидроотвала, снизить землеемкость и исключить возможность затопления прилегающих земель;

- повышения плотности укладки вскрыши (путем технологических приемов по намыву и инженерных мероприятий), обеспечивающего увеличение объема укладки пород и повышение эффективности использования отчуждаемых земель;

- ускорения консолидации и повышения несущей способности поверхности гидроотвалов, что позволяет сократить разрыв во времени между нарушением и восстановлением земель и обеспечить этапность отвально-рекультивационных работ;

- использования площади гидроотвалов после прекращения их намыва для формирования обычных отвалов.

Опыт формирования таких отвалов на площади гидроотвалов имеется на многих угольных разрезах («Кедровский», «Красный Брод», «Моховский» и др.). Управление процессами уплотнения пород гидроотвалов вызывает удорожание отвальных и рекультивационных работ. Однако при этом уменьшается народнохозяйственный ущерб за счет повышения эффективности использования земельного отвода и уменьшения временного разрыва между нарушением и восстановлением земель.

Шламохранилища сооружаются подобно гидроотвалу следующим образом. На всей площади будущего шламохранилища или его первой очереди снимается почвенный слой и складировается во временные отвалы или используется при рекультивации отвалов пород вскрыши. По периметру шламохранилища отсыпается дамба 1 обвалования обычно из полускальных или мелкокусковых скальных пород (рис. 4.10).

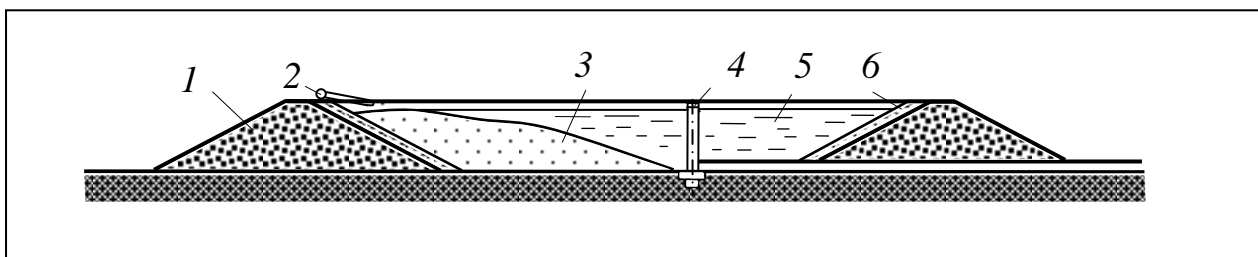


Рис. 4.10. Схема шламохранилища: 1 – дамба обвалования из вскрышных пород; 2 – пульповод; 3 – отходы обогащения; 4 – водосбросное сооружение; 5 – осветленная вода; 6 – водоупорный экран из суглинков

Для предотвращения фильтрации воды днище шламохранилища и внутренняя сторона дамб оборудуются экраном из суглинков 6. Подаваемые в виде пульпы хвосты по пульповодам 2, располагаемым на дамбе 1, осаждаются в хвостохранилище как отходы обогащения 3, а осветленная вода 5 через водосбросное сооружение 4 подается для повторного использования

В период эксплуатации при образовании надводной части шламохранилищ происходит пыление, что отрицательно влияет на окружающую природную среду (атмосферу, прилегающие земли). Поэтому площадные шламохранилища должны содержать слой воды, превышающий отметку зашламования на 1–2 м. Обезвоженные участки необходимо закреплять путем нанесения водяных растворов и эмульсий химических веществ (битумная эмульсия, уни-

версин и др.), которые образуют на поверхности тонкую пленку или корку, препятствующую сдуванию пыли. Нанесение растворов и эмульсий осуществляется с использованием поливочных машин, автогудронаторов, гидромониторов. Основным наиболее надежным видом защиты обезвоженных участков шламохранилищ является создание растительного покрова на их поверхности из древесных пород, кустарников и трав, обладающих хорошей приживаемостью (тополь, акация, донник, люцерна и др.). Отработанные гидроотвалы и шламохранилища подлежат рекультивации. Для этого, после спуска воды, на их горизонтальную поверхность наносится почвенный слой мощностью 30–40 см и более.

Отходы обогащения, содержащие токсичные вещества, предварительно перекрываются слоем нейтральных или потенциально плодородных вскрышных пород. Откосы дамб обвалования предохраняются от водной и ветровой эрозии путем посева многолетних трав для создания прочного дернового покрова.

4.5. Оценка эффективности использования земель

При открытой разработке месторождения можно считать, что чем больше пород вынута или размещено на единице площади, тем меньший ущерб нанесен народному хозяйству от потерь продукции, получаемой с этой площади до ее нарушения или отчуждения у прежних землепользователей.

Эффективность использования земель в общем случае характеризуется объемом продукции, полученной с единицы площади земель, занятых под горное предприятие.

Одним из показателей эффективности использования земель является удельная землеемкость добычи:

$$P_{\text{уд}} = \frac{S}{Q},$$

где S – площадь, земельного отвода, м^2 ; Q – количество добытого полезного ископаемого (т , м^3).

Однако удельная землеемкость не отражает степени использования земельного отвода.

Для этого вводится коэффициент использования земельных участков:

$$K_{\text{исп}} = \frac{P_{\text{ф}}}{P_{\text{п}}} = \frac{S_{\text{ф}} Q_{\text{п}}}{Q_{\text{ф}} S_{\text{п}}},$$

где $P_{\text{ф}}, P_{\text{п}}$ – фактическая и проектная землеемкость предприятия в данный период, м²/т; $S_{\text{ф}}, S_{\text{п}}$ – фактическая и проектная площадь земельного отвода, м²; $Q_{\text{ф}}, Q_{\text{п}}$ – фактическая и проектная добыча, т.

Если $K_{\text{исп}} > 1$, то использование земель неэкономично по сравнению с проектным. При $K_{\text{исп}} = 1$ отступления от проекта отсутствуют. $K_{\text{исп}} < 1$ свидетельствует о резервах земель, полученных в завышенных размерах и недостаточной ясности о перспективе развития горных работ.

Совершенствование технологии ведения горных работ и отвалобразования влияет на показатели использования земель в конкретных условиях.

4.6. Мероприятия по охране и повышению эффективности использования земель при добыче полезных ископаемых

Все мероприятия можно разделить на три группы:

- технологические;
- инженерно-профилактические;
- экологические.

Технологические мероприятия предусматривают применение таких технологий добычи, которые не связаны с большими площадями отчуждаемых земель для промышленных объектов и не приводят к значительным экологическим изменениям в зоне их влияния.

Инженерно-профилактические мероприятия направлены на исключение или снижение степени интенсивности нарушения земель и загрязнения почв в пределах горного отвода и за его пределами (изменение параметров массовых взрывов и технологий, при которых снижается объем газа и пыли, снижается загрязнение почв; применение систем разработки с твердой закладкой выработки пространства снижает площадь и интенсивность нарушения земель на поверхности).

Экологические мероприятия связаны с проведением специальных работ по созданию защитных зон вокруг промышленных объ-

ектов, рекультивации горных отвалов и восстановлением деградированных угодий в пределах зоны вредного влияния горного предприятия.

4.7. Основные признаки оценки продуктивности земли после ее восстановления

При восстановлении продуктивности земель, нарушенных в период разработки карьера, т. е. ее рекультивации, наибольшие затраты (в денежном выражении) требуют работы по выравниванию поверхности отвалов, т. е. созданию рельефа, и покрытию их почвенным слоем. В свою очередь от мощности наносимого почвенного слоя и профиля создаваемого рельефа будет зависеть плодородность (урожайность) восстанавливаемых земель.

Мощность гумусового слоя и содержание гумуса в почве является наиболее важным признаком, определяющим основные агропроизводственные свойства почв, в т. ч. механический состав, обеспеченность питательными элементами, ее кислотность или щелочность. Особо важным является содержание гумуса в создаваемом почвенном горизонте. Чем больше гумусовый слой, тем плодороднее почва.

Рельеф поверхности восстанавливаемых земель определяет увлажнение, тепловой режим и эрозионное состояние почвенного покрова. С увеличением уклона эрозия нарастает. Для возделывания полевых культур желательно создать уклон поверхности не более 1° . Уклон более $3-4^\circ$ уже наносит ощутимый вред.

Механический и химический состав основания почвенного горизонта. Нежелательно, чтобы на поверхности рекультивируемых участков оказались бесплодные скальные или фитотоксичные породы, т. е. почвы, совершенно не пригодные для произрастания какой-либо растительности. Механический состав почвенного горизонта и подстилающих пород предопределяет запасы питательных веществ, водовоздушный и тепловой режимы. Механический состав оценивается по процентному содержанию фракции $< 0,01$ мм лессовидного суглинки в подпочвенном горизонте (табл. 4.1).

Фитотоксичность пород вскрыши обуславливается реакцией по водородному показателю рН. Она оказывает существенное влияние на биохимическую деятельность микроорганизмов в почве и, как следствие этого, оказывает влияние на показатели ее плодо-

родия. Угленосные кислые отложения и отложения, содержащие пирит, являются вредными и не пригодными для возделывания культурных растений, поэтому их следует сверху засыпать более благоприятными потенциально плодородными породами.

Таблица 4.1

Оценка механического состава подстилающих пород

Механический состав подстилающих пород фракции с содержанием фракций < 0,01 мм	Величина показателя, %	Оценка, балл
а) легко и среднесуглинистые	20–45	20
б) супесчаные и тяжелосуглинистые	45–60	16
в) легкосуглинистые	60–70	12
г) песчаные	5–10	8
д) глины	< 5 или > 80	4
е) скальные породы	–	0
ж) породы, содержащие пирит	> 1	–20

С учетом оценки горно-экологической обстановки, создаваемой на восстанавливаемых территориях в процессе рекультивации, оценку качества земель проводят по сумме баллов, полученных при оценке значений каждого показателя, из перечисленных выше.

4.8. Экономическая оценка ущерба земельным ресурсам в результате ухудшения их качества

Экономическая оценка ущерба от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных факторов выражается главным образом в деградации (нарушении) почв и земель, загрязнении их химическими веществами, захламлении земель несанкционированными свалками и нерегламентированным размещением отходов и определяется [9]:

$$Y_{з.р} = Y_{д} + Y_{х} + Y_{с}, \quad (4.15)$$

где $Y_{д}$ – ущерб от деградации земель, тыс. руб./год; $Y_{х}$ – ущерб от химического загрязнения, тыс. руб./год; $Y_{с}$ – ущерб от свалок, тыс. руб./год.

Величина ущерба в результате деградации (нарушения) почв и земель определяется:

$$Y_{д} = \alpha H_c K_T S, \quad (4.16)$$

где α – коэффициент экологической значимости территории (для почв Кемеровской области $\alpha = 1,2$); H_c – норматив стоимости земель (табл. 4.2), тыс. руб./га; K_T – коэффициент, учитывающий значимость особоохраняемых территорий, в т. ч.: для земель природно-заповедного фонда $K_T = 3,0$; для земель оздоровительного и историко-культурного назначения $K_T = 2,0$; для земель рекреационного назначения $K_T = 1,5$; для прочих территорий $K_T = 1,0$; S – площадь нарушенных земель, га/год.

Таблица 4.2

Нормативы стоимости освоения земель сельскохозяйственных угодий, изымаемых для несельскохозяйственных нужд (введены Постановлением Правительства РФ от 27.11.1995 № 1176)

Типы сельскохозяйственных угодий в Алтайском крае, Кемеровской, Новосибирской, Омской, Томской, Тюменской областях	Норматив стоимости земли H_c , тыс. руб./га
В т. ч.: черноземы всех подтипов от луговых до мощных тучных	240
лесные, дерново-подзолистые	120
лугово-болотные, почвы овражно-балочного комплекса	48

Экономическая оценка величины ущерба в результате химического загрязнения земель

$$Y_x = \sum_{i=1}^N \alpha H_c K_T K_{x_i} S_i, \quad (4.17)$$

где K_{x_i} – коэффициент, учитывающий загрязнение земли несколькими химическими веществами. $K_{x_i} = 1 + 0,2(N-1)$ при $N \leq 10$; $K_{x_i} = 3$ при $N > 10$; S_i – площадь i -го участка земли, загрязненного химическими веществами, га/год.

Экономическая оценка величины ущерба земельным ресурсам от захламления и несанкционированного размещения отходов

$$Y_c = \sum_{i=1}^N \alpha H_c K_T S_i, \quad (4.18)$$

где N – число свалок; S_i – площадь i -го участка земли под свалку, га/год.

Для определения величины предотвращенного эколого-экономического ущерба в результате природоохранной деятельности, в т. ч. рекультивации нарушенных земель, восстановления ее плодородия, ликвидации свалок отходов определяется разница площади нарушенных земель за отчетный период (год). Если $Y_{об} < 0$, то ущерб снизился; $Y_{об} > 0$, значит ущерб увеличился; $Y_{об} = 0$, значит ущерб остался на прежнем уровне.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть земельного законодательства?
2. Сделайте анализ состояния нарушенных земель на разрезах Кузбасса.
3. Горный отвод. Определение. Назначение.
4. Земельный отвод. Определение. Составляющие.
5. Санитарно-защитная зона. Ориентировочные размеры.
6. Оценка эффективности использования земель.
7. Мероприятия по повышению эффективности использования земель при добыче полезных ископаемых.
8. Норма снятия и условия сохранения плодородного слоя.
9. Общие требования к формированию отвалов.
10. Показатели землепользования при отвалообразовании.
11. Выбор места расположения отвала с позиций землепользования.
12. Формирование гидроотвалов и шламохранилищ с позиций рационального землепользования.
13. В чем заключается горнотехническая и биологическая рекультивация?
14. Признаки оценки продуктивности земли после ее восстановления.
15. Расчет ущерба земельным ресурсам в результате их ухудшения при горных работах.

5. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДР

Недра – условно выделяемая верхняя часть земной коры, располагающаяся под поверхностью суши и дном мирового океана и простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения современными техническими средствами, и включающая минералы и горные породы.

Все принимаемые решения на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации горнодобывающего предприятия должны быть технически возможны, экологически безопасны и экономически оправданы. При этом одновременно должны обеспечиваться добыча и переработка необходимого объема и качества минерального сырья и соблюдаться действующие нормативы по использованию и охране недр, земель, поверхностных и подземных вод и атмосферного воздуха [8].

В современных условиях горного производства рациональное использование минеральных ресурсов и охрану недр необходимо рассматривать как единую проблему, связанную с удовлетворением потребности настоящих и соблюдением интересов будущих поколений. В этой связи под рациональным использованием минеральных ресурсов и охраной недр при добыче и переработке полезных ископаемых следует понимать:

1. Наиболее полную и экономически целесообразную выемку балансовых и сохранение для последующего извлечения забалансовых запасов.

2. Получение минерального сырья заданного качества при минимальных объемах вскрышных пород.

3. Комплексное и наиболее полное извлечение главных и сопутствующих полезных компонентов при обогащении и последующей переработке минерального сырья.

4. Рациональное использование или эффективная консервация отходов горноперерабатывающего производства.

5. Снижение до минимума степени нарушения окружающего массива горных пород и земной поверхности.

6. Соблюдение действующих нормативов качества окружающей среды, а также сохранение заданной продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других угодий, оказавшихся в зоне влияния горнодобывающего или горноперерабатывающего предприятия.

7. Эффективное использование в народном хозяйстве горных выработок и выработанных пространств после завершения горных работ.

Существуют такие понятия, как запасы и ресурсы. Запасы подсчитывают и учитывают, а прогнозные ресурсы – оценивают по каждому виду твердых полезных ископаемых и направлениям их возможного промышленного использования.

При рассмотрении проектов и вариантов отработки месторождения учитываются мероприятия по рациональному использованию минеральных ресурсов и охране недр, которые условно разделяются на 4 группы:

1. Технологические мероприятия, которые предусматривают предотвращение потерь, снижение интенсивности нарушений и обеспечивают необходимый уровень качества окружающей среды. К технологическим мероприятиям относятся:

- выбор оптимального экологически оправданного способа отработки месторождения (открытого или подземного), включающего рациональную схему вскрытия, систему разработки;

- способы управления факторами, влияющими на устойчивость горного массива;

- выбор применяемой техники.

2. Защитно-профилактические мероприятия, которые решают задачи охраны некондиционных запасов в недрах, сокращение подрабатываемых водных горизонтов, снижение размеров депрессионных воронок, сохранение режимов и качества грунтовых вод в пределах мульды оседания и местах расположения отвалов, хвостохранилищ, предотвращение возникновения эндогенных пожаров, объектов, сооружений на поверхности. С этой целью рассматриваются варианты направлений работ по защитно-профилактическим мероприятиям, в т. ч.:

- оставление защитных целиков;

- применение закладки выработанного пространства (внутреннее отвалообразование);

- усиление бортов карьеров и откосов отвалов;

- устройство защитных цементационных завес вокруг горного отвода предприятия (барражные завесы);

- устройство относительных систем для поддержания влажностного режима почв;

- организация водоснабжения в районе развития депрессионных воронок;
- отвод подземных и поверхностных вод от зон обрушения;
- предотвращение движения воздуха и газов через зоны трещиноватости на пожароопасных участках недр.

3. Экологические мероприятия решают задачи обеспечения необходимого уровня качества окружающей среды. С этой целью предусматриваются работы по устройству зеленых, санитарно-защитных зон вокруг шахт и разрезов, биологическая рекультивация по предотвращению водной и ветровой эрозии поверхностей отвалов, хвостовых хранилищ.

4. Организационные мероприятия, которые предусматривают возможность комплексных мероприятий и работ по эффективному использованию минеральных ресурсов, разработке планов ликвидации экологических последствий от аварий на горнодобывающих предприятиях. Организация систем контроля и прогноза состояния массивов пород, бортов карьеров, отвалов, повышение квалификации специалистов, занятых вопросами охраны окружающей среды и рационального использования недр.

Обеспечение научно обоснованного рационального и комплексного использования и охрана недр регулируется законодательством РФ и законодательными актами.

Законодательством предусмотрено разрешение на использование недр с выдачей лицензии на геологическое изучение недр и разработку месторождений в пределах горного отвода. Лицензию на пользование недрами для добычи полезного ископаемого выдает Министерство природных ресурсов (МПР).

При разработке месторождений полезных ископаемых все минеральные ресурсы, добываемые из недр, подразделяются на три группы:

- главные (минеральные ресурсы, добыча которых является основной целью разработки месторождения);
- сопутствующие (входящие в состав добытого минерального сырья, отделение которого на стадии добычи технически невозможно или экономически нецелесообразно);
- попутно извлекаемые (к ним относятся минеральные ресурсы, извлечение которых из недр осуществляется вынужденно при выполнении определенных технологических операций). Эти мине-

ральные ресурсы не смешиваются с главными минеральными ресурсами, складываются отдельно, считаются отходами.

В то же время попутно извлекаемые минеральные ресурсы могут представлять значительную ценность для горнодобывающего предприятия и использоваться для выполнения ряда технологических операций (для закладки выработанного пространства, при строительстве дорог и гидротехнических сооружений и т. д.) либо в других отраслях народного хозяйства.

С точки зрения экологии эта группа минерального сырья имеет наибольший интерес и формулируется в отдельное направление – безотходное производство.

5.1. Виды запасов минеральных ресурсов

Запасы твердых полезных ископаемых и содержащиеся в них полезные компоненты по экономическому значению подразделяют на две основные группы: балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические).

Балансовые – это запасы, использование которых в настоящее время экономически целесообразно при существующей или осваиваемой прогрессивной технологии добычи и переработки минерального сырья с соблюдением требований законодательных актов по рациональному использованию недр. В группу балансовых запасов включаются запасы, которые удовлетворяют требованиям кондиций по качеству, количеству, технологическим свойствам и горнотехнологическим условиям эксплуатации месторождения.

Забалансовые запасы полезных ископаемых – это запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно и технически или технологически невозможно. Забалансовые запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются и учитываются, если в технико-экономическом обосновании кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

По степени изученности запасы полезных ископаемых подразделяются на разведанные (категории А, В, С₁) и предварительно оцененные (категория С₂). Запасы попутных компонентов определяются раздельно в контурах подсчета балансовых и забалансовых запасов.

При проектировании предприятия по добыче твердых полезных ископаемых определяются *промышленные* запасы, т. е. та часть балансовых запасов, которая должна извлекаться из недр по проекту или плану развития горных работ за вычетом проектных потерь.

При разработке угля и руды выделяют также такое понятие, как *эксплуатационные* запасы полезных ископаемых, т. е. промышленные запасы с учетом разубоживания.

5.2. Кондиции на минеральное сырье

Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству полезных ископаемых, горно-геологическим условиям разработки, обеспечивающим наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения. Они, т. е. кондиции, позволяют подсчитывать балансовые и забалансовые запасы полезных ископаемых и определять их промышленную ценность.

Разработку и обоснование кондиций осуществляют на основе технико-экономического обоснования (ТЭО) с учетом возможности использования как основных, так и совместно с ними залегающих других полезных ископаемых, а также содержащихся в них ценных компонентов. Различают разведочные и эксплуатационные кондиции.

ТЭО *разведочных* кондиций должно содержать в себе геологическое, горнотехническое, технологическое, экологическое и экономическое обоснования, обеспечивающие возможность объективной оценки значимости месторождения и принятия обоснованного решения в целесообразности и эффективности капиталовложений в создание нового предприятия. При разработке разведочных кондиций необходимо иметь сведения о детальном изучении вещественного состава и технологических свойствах полезных ископаемых. Эти сведения необходимы для того, чтобы принять наиболее рациональную технологию переработки с комплексным извлечением полезных компонентов, имеющих промышленное значение, определить направления использования отходов производства или оптимальный вариант их складирования или захоронения.

При наличии потребности в сырье, которое может быть получено из вскрышных или вмещающих пород как попутное полезное

ископаемое, технико-экономические показатели извлечения такого сырья и получения из него товарной продукции учитываются при разработке ТЭО кондиций в показателях основного производства.

Эксплуатационные кондиции разрабатывает недропользователь в процессе отработки месторождения. ТЭО эксплуатационных кондиций разрабатывают на ограниченный срок, соответствующий сроку отработки запасов за этот период.

Основные параметры кондиций. Параметры кондиций – предельные значения натуральных показателей для подсчета запасов. К основным параметрам кондиций для подсчета балансовых запасов угля относятся:

1. Минимальная мощность пласта.
2. Максимальная мощность породных прослоев, включая и угольный пласт сложного строения при валовой отработке, или минимальная при селективной выемке.
3. Максимальная зольность угля.
4. Перечень допустимых компонентов и их содержание.
5. Пласты, участки, блоки, которые не могут быть отработаны из-за особо сложных горно-геологических условий или вследствие малого количества запасов, разобщенности, интенсивной нарушенности и т. д.
6. Предельная глубина отработки запасов (для открытого способа добычи – предельные коэффициенты вскрыши, т. е. экономически обоснованная эффективность отработки).
7. Специальные требования к качеству углей – спекаемость, выход смол, содержание серы, фосфора и т. д.

Кондиции для подсчета забалансовых запасов устанавливают для разведанных запасов. В ТЭО кондиций должна быть доказана возможность сохранности забалансовых запасов в пределах, необходимых для последующего извлечения и использования в будущем.

5.3. Оценка эффективности использования недр

Эффективность использования недр определяется коэффициентом потерь полезного ископаемого

$$K_{\text{п.и}} = \frac{П}{B_{\text{п}}} 100 ,$$

где P – количество потерянных запасов полезных ископаемых.

Эффективность использования балансовых запасов определяется по коэффициенту извлечения полезного ископаемого из недр. В коэффициенте извлечения учитываются реальные потери полезного ископаемого в недрах. Например, качество добываемого угля при разработке угольных месторождений характеризуется зольностью, поэтому коэффициент извлечения можно определить:

$$K_{\text{и}} = \frac{D(100 - A_{\text{д}})}{B_{\text{п}}(100 - A_{\text{б}})},$$

где D – добыча, т; $B_{\text{п}}$ – погашенные при добыче балансовые запасы, т; $A_{\text{д}}, A_{\text{б}}$ – зольность добытого угля и его балансовых запасов, %.

При подземном способе добычи потери полезного ископаемого составляют от 20 до 40 % в зависимости от совершенства технологии. На открытых горных работах потери угля примерно 10 %. *Потери* – это часть балансовых запасов, не извлекаемая из недр при разработке, а также добытая и направленная в породные отвалы, оставленная на местах складирования, погрузки и транспортирования.

Потери полезных ископаемых подразделяются на общекарьерные (потери в целиках под зданиями и сооружениями, водоносными горизонтами, коммуникациями, заповедными зонами и т. п.) и эксплуатационные потери, которые объединяют потери полезных ископаемых в массиве и потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого.

Потери в массиве образуются в недоработанной части целиков внутри выемочного участка (карьерные поля); в лежащем и высячем боках пласта (почве и кровле); в местах выклинивания и на флангах пласта; в междупластьях (маломощных пластах); в целиках у геологических нарушений.

Потери в отбитом полезном ископаемом образуются при совместной выемке полезного ископаемого и вмещающих пород; на уступе в результате обрушения породы при взрыве; в местах затопленных и заповрежденных участков; в местах погрузки, транспортирования, разгрузки полезного ископаемого, его складирования и сортировки.

Качественные потери полезного ископаемого характеризуются разубоживанием. *Разубоживание* – это снижение содержания

полезных компонентов за счет перемешивания с породой, выраженное в процентах по сравнению с содержанием в балансовых запасах.

Разубоживание определяется

$$P = \frac{B}{D} \cdot 100,$$

где B – количество породы, смешанной с добычей, т.

Между качественными и количественными потерями полезных ископаемых существуют взаимосвязи, которые характерны для каждого конкретного месторождения и оцениваются при принятии проектных решений по вскрытию, системе разработки, расположению сопутствующих наземных сооружений.

Необходимость компенсации ущерба от потерь полезных ископаемых ведет к необходимости увеличения добычи, строительству новых предприятий, отторжению дополнительных земель, дополнительному загрязнению окружающей среды. Потому снижение потерь при добыче и переработке полезных ископаемых и угля, в частности, является важнейшей задачей сохранения окружающей среды. Снижения потерь полезного ископаемого в процессе отработки месторождения можно добиться решением задач инженерной защиты при освоении подземного пространства недр.

Контрольные вопросы

1. Что такое кондиции минерального сырья?
2. Балансовые и забалансовые запасы минерального сырья.
3. Потери минерального сырья при добыче, переработке и транспортировании.
4. Разубоживание полезного ископаемого при технологических процессах.
5. Меры по снижению потерь полезного ископаемого в процессе отработки месторождения.

6. ОСНОВЫ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Мало- и безотходная технология представляет собой совокупность технических средств и технологических приемов, направленных на то, чтобы в условиях нарастания темпов промышленного производства обеспечить нормальное функционирование и развитие экологических систем в районах размещения шахт, разрезов и обогатительных фабрик.

Основной принцип малоотходной технологии, в угольной промышленности в частности, 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.

Основные направления, по которым ведутся работы для перехода на безотходную технологию, включают:

1. Совершенствование существующих и разработку принципиально новых технологических процессов и схем, при реализации которых существенно снижается количество образующихся отходов, или они практически ликвидируются в ходе хозяйственной деятельности предприятий. В результате исключается или сокращается до допустимых пределов вредное влияние отходов на природную среду.

2. Создание эффективных методов вторичного использования всех видов отходов производств, образование которых нельзя предотвратить на данном этапе развития науки и техники.

3. Применение способов добычи, транспортировки и переработки основного полезного ископаемого, обеспечивающих снижение его потерь.

Таким образом, безотходная ресурсосберегающая технология – это такой способ осуществления производства, при котором наиболее рационально и комплексно используется сырье и энергия, не нарушая нормативного функционирования окружающей среды.

Малоотходная технология является промежуточной ступенью при создании безотходного производства. Малоотходным следует считать такое производство, в результате которого вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными нормами, но по техническим, экологическим, организационным или другим причинам часть сырья, материалов и попутных продуктов производства переходит в отходы и выбрасывается в

окружающую среду или направляется на длительное хранение или захоронение.

Основой мало- и безотходных (ресурсосберегающих) технологий в угольной промышленности является организация технологических процессов добычи и переработки угля, обеспечивающих:

1. Рациональное использование и охрану недр.
2. Комплексное использование отходов производства, в том числе получение из отходов товарной продукции.
3. Полное исключение или уменьшение до санитарных норм загрязнения окружающей среды отходами производства.
4. Минимальное нарушение и своевременное восстановление земельных угодий.
5. Создание замкнутых структур производства внутри топливно-энергетических комплексов.

Критерием, по которому можно отнести производство к отходному или безотходному, является соотношение используемых и образующихся отходов:

$$K_{\text{безотх}} = \frac{V_{\text{исп.отх}}}{V_{\text{отх}}}. \quad (6.1)$$

Условно принято, что если $K_{\text{безотх}} = 0-0,5$, производство относится к отходному; если $K_{\text{безотх}} = 0,25-0,75$ – малоотходное; и при $K_{\text{безотх}} = 0,75$ – безотходное.

Характерной особенностью применяемой в настоящее время технологии добычи и переработки угля является образование и накопление огромного количества побочных продуктов производства в районах размещения шахт разрезов и обогатительных фабрик. На угольных и рудных предприятиях страны образуется около 3–3,5 млрд. м³/год твердых отходов (т. е. вскрышных пород и отходов обогащения). Из шахт и разрезов ежегодно откачивается около 2,5 млрд. м³ сточных вод, с которыми сбрасываются в природные водоемы до 150 тыс. т взвешенных веществ и более 3 млн. т минеральных солей. Выбрасывается в атмосферу более 2 млн. т/год твердых и газообразных веществ.

6.1. Отходы горнодобывающего производства

В нашем понятии на сегодняшний день вскрышные породы, загрязненные карьерные и шахтные воды, загрязненный атмосфер-

ный воздух, хвосты обогащения считаются отходами, загрязняющими окружающую среду.

Для определения объема отходов и разработки направлений по использованию отходов угледобычи и обогащения и составлению мероприятий по утилизации вскрышных и вмещающих пород отходы разделяют по степени их изучения и качеству на три группы.

1. Отходы, объем и качество которых определены в границах, обеспечивающих возможность организации производства. Результаты их оценки не требуют уточнения.

2. Отходы, результаты изучения и оценки которых требуют дополнений и уточнений по отдельным показателям.

3. Отходы, которые ранее не использовались или их изучение и оценка выполнены по единичным показателям.

Кроме того, в зависимости от направлений использования минеральные отходы группируются на следующие разновидности:

а) отходы, не пригодные для существующих направлений использования (т. е. отходы с невыдержанным составом и свойствами, например, горячие и эксплуатируемые отвалы, отходы, содержащие повышенное содержание токсичных элементов и т. д.);

б) отходы, пригодные для низкоквалифицированного использования, не представляющие жестких требований к составу и свойствам (т. е. материал для планировки территорий, отсыпки местных дорог, закладки выработанного пространства);

в) отходы, пригодные для использования в промышленности строительных материалов (огнеупорные и кирпичные глины), отходы, содержащие топливо (углистый аргиллит);

г) отходы, пригодные для высококвалифицированного использования, как источник дефицитных видов сырья (получение глинозема, соединений серы, редких металлов).

Изучение качества и оценка объемов углеотходов производится дифференцированно по типам отходов и определяется необходимой детальностью их исследования.

Углеотходы могут оцениваться на различных этапах освоения основного производства:

- при разведке угольных месторождений;
- на стадии проектирования;
- при эксплуатации месторождения.

Исходными данными для составления мероприятий по утилизации отходов угледобычи являются:

1. Объем углеотходов, образующихся по периодам освоения месторождения с учетом планируемого объема добычи и обогащения угля.
2. Показатели свойств и состава углеотходов.
3. Качественные показатели пород углеотходов в соответствии с техническими требованиями как к сырью.
4. Информация о возможных потребителях и потребности в сырье из пород углеотходов на перспективу.
5. Ориентировочная оценка стоимости сырья из углеотходов и установление возможных цен на него.

Одним из обязательных условий использования отходов угольной промышленности в качестве основного сырья для производства каких-либо материалов является стабильность их состава.

Анализ отходов показывает, что вскрышные породы угольных разрезов не стабильны по составу, за исключением тех случаев, когда пласты хорошо выдержаны по глубине и по простиранию. К наиболее стабильным по составу относятся отходы углеобогащения, т. к. сам процесс обогащения позволяет в определенных пределах регулировать их свойства.

Отходы добычи и переработки угля классифицируются:

- по технологическим стадиям их образования;
- агрегатному состоянию, в котором они находятся;
- содержанию в них ценных компонентов;
- степени ущерба для окружающей среды;
- затратам, необходимым для их использования.

Классификация по технологическим стадиям образования дает возможность подразделять отходы в зависимости от их получения (добыча или обогащение) на подгруппы, которые соответствуют разновидности технологии, т. е. при подземной или открытой добыче, при мокром или пневматическом обогащении.

Классификация по агрегатному состоянию, в котором они находятся, позволяет разделить их на твердые, жидкие и газообразные (рис. 6.1).

Классификация отходов по содержанию в них ценных компонентов определяет направление их использования (рис. 6.2).

Классификация по степени ущерба, наносимого окружающей среде, определяет очередность их использования. Величина ущерба может быть неощутимая, региональная, глобальная.



Рис. 6.1. Классификация отходов

Классификация по химическим признакам определяет отходы как нейтральные, слабоактивные и активные, а по гигиеническим признакам – инертные, слаботоксичные, токсичные.

Критерием целесообразности переработки отходов в местах их образования является количество и степень возможности использования отходов в производстве.

Если по технологическим свойствам попутный продукт удовлетворяет определенного потребителя, то он должен рассматриваться как составная часть общих ресурсов топлива или сырья.

Однако между попутными продуктами и вторичными ресурсами имеется существенная разница. Попутный продукт получается в процессе основного производства, а вторичный ресурс – это дополнительный продукт, вовлекаемый в данное производство извне.

Эффект от реализации попутных продуктов добычи полезных ископаемых состоит из двух частей. Первая часть относится к предприятию и возникает благодаря улучшению производственных условий, вторая часть проявляется вне предприятия в результате того, что снижается потребность в применении другого, более дорогостоящего, ранее использовавшегося минерального сырья (уголь, вода, строительные материалы).

На применение углеотходов в качестве сырья для получения продукции необходимо разрабатывать и разрабатываются ТУ на сырье. Следует заметить, что ТУ должны соответствовать ГОСТам. Например, ГОСТ 26594–85 «Сырье глинистое для производства керамического кирпича и камней».

В зависимости от физико-механических и химических свойств, литологического состава, содержания в них органических веществ углеотходы могут использоваться как энергетическое топливо, как добавка и сырье для производства различных строительных материалов, как сырье в черной, цветной и химической промышленности.

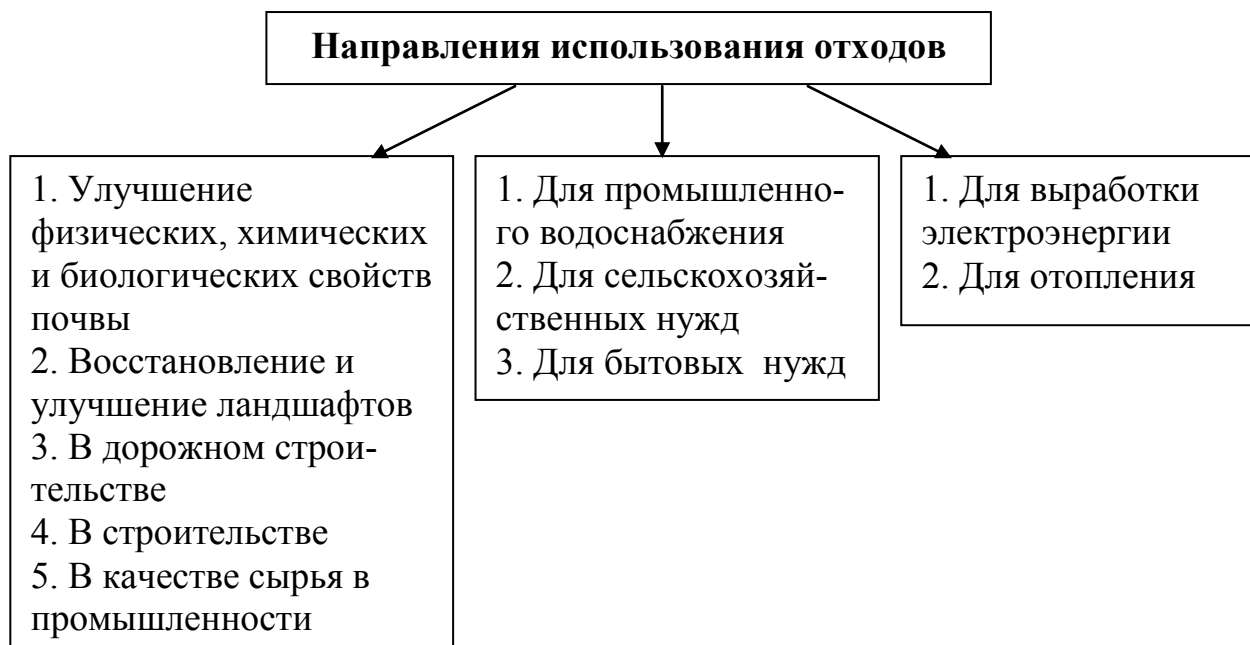


Рис. 6.2. Направления использования отходов

Наибольшую массу твердых отходов на карьерах представляют вскрышные породы. Зачастую они представляют полезные ископаемые.

Вскрышные породы размещают в отвалах. Если это внутренние отвалы, то вскрышные породы можно рассматривать как заполнитель полостей, образовавшихся в результате проведения горных работ.

Значительную часть этих пород можно использовать как сырье для производства строительных материалов, в т. ч. щебня, песка, извести, кирпича, цемента и т. п.

Отходы смежных производств, в первую очередь обогатительных фабрик, все чаще применяются в качестве минерального сырья для производства минеральных удобрений и строительных материалов.

Отходы углеобогащения – это мелкодисперсная угольная пыль, которая может быть использована для брикетирования угля и для производства простейших промышленных ВВ, например гранулита -УП.

Карьерные воды в зависимости от загрязнения могут быть использованы другими потребителями без предварительной обработки. Часть карьерных вод, идущих на технические нужды предприятия, в т. ч. поливку дорог, отвалов, забоев, тушение пожаров, обогащение угля, гидромеханизацию, гидрозабойку взрывных скважин, и ряд других нужд, не относится к отходам горного производства.

Газообразные продукты, выделяемые при разработке угольных месторождений, – это прежде всего метан. За счет предварительной дегазации, во-первых, можно снизить загазованность атмосферы карьера и, во-вторых, использовать газ как топливо в котельных. Работы по попутной добыче метана в Кузбассе в настоящее время уже находят применение.

6.2. Комплексное использование угля – основное звено стратегии развития

Располагая 2,8 % населения Земли и 12,8 % ее территории, Россия имеет 12–13 % прогнозных ресурсов и около 12 % разведанных запасов нефти, 42 % ресурсов и 34 % запасов природного газа, около 20 % разведанных запасов каменного и 32 % запасов бурого угля. Комплексное использование энергетического сырья является основой стратегии энергетического развития России, обеспечения ее энергетической безопасности.

Известно, что уголь, являясь великолепным природным сорбентом, накопил за миллионы лет формирования угольных месторождений множество веществ, необходимых в современной промышленности.

В результате исследований установлено, что в кузнецких углях с высокой встречаемостью (до 90–100 %) присутствуют в повышенных концентрациях до 40 химических элементов, включая платиноиды (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt). Встречаются рудные концентрации элементов по всей мощности угольного пласта с образованием линз, узлов, прослоев и других форм залегания невидимых рудных тел. Мировые цены на эти элементы в USD, справочно, составляют до тысяч единиц за килограмм: Al (алюминий) – 3,5; Ti (титан) – 22; Mn (марганец) – 4,5; Mg (магний) – 3,55; Ba (барий) – 36,8; Ge (германий) – 1060; Nb (ниобий) – 106; La (лантан) – 105; Sr (стронций) – 66; Ga (галлий) – 300; Zr (цирконий) – 331; Y (иттрий) – 146; Sc (скандий) – 130000; Ce (церий) – 404 и т. д.

В 1989–1991 годах на шахте им. Димитрова (г. Новокузнецк), отрабатывающей пласты Усятской свиты Араличевского района, проводились работы по извлечению скандия (Sc) из золы угля. Содержание скандия в золе составляло до 50 г/т.

Одним из направлений *утилизации вскрышных пород* является использование их в качестве основного сырья для производства изделий строительной керамики. Сравнительный анализ химических свойств вскрышных пород (аргиллитов и алевролитов) показал, что они имеют одинаковый качественный состав с глинами, применяющимися для изготовления кирпича и керамики. Изучена возможность использования отходов угледобычи для получения керамики, пригодной для изготовления отдельных деталей для дизелей и двигателей внутреннего сгорания.

Проведены работы по изучению возможности использования углистых пород, в том числе и отходов добычи и углеобогащения в доменном производстве. В настоящее время для повышения содержания кремния в чугунах расходуется дополнительное количество кокса. Изучение процессов преобразования углистых пород в высокотемпературных восстановительных условиях показало, что в кусковатом материале углистых пород определенного состава интенсивно протекает процесс карбидообразования, в результате чего образуется продукт, являющийся по существу углекарбидным концентратом, который обогащает чугун кремнием. Поэтому с целью экономии кокса в качестве углеродокремнистой добавки в доменную шихту был использован углистый аргиллит разреза «Черниговский». Для повышения в чугунах содержания кремния на 0,1 % расход углистого аргиллита составляет 15–20 кг на тонну чугуна.

Вскрышные породы центрального и южного Кузбасса отличаются преобладанием крепких песчаников на известковом цементе и трудноразмокаемых алевролитов. Эти породы пригодны для возведения гидротехнических сооружений, засыпки стволов, выравнивания рельефа местности в районах строительных площадок. Но основной интерес представляет использование прочных песчаников для сооружения искусственных фильтрующих массивов (ИФМ). Использование вскрышных пород для строительства ИФМ является одним из перспективных направлений безотходной технологии. Очистка карьерных вод от взвешенных частиц решит две задачи: используются вскрышные породы и очищенная вода может использоваться в замкнутом технологическом цикле. Эффективность очистки от взвешенных частиц зависит как от физико-механических свойств вскрышных пород, так и от геометрических параметров ИФМ. Положительный опыт использования ИФМ для очистки карьерных вод есть на разрезах «Красногорский», «Ольжерасский», «Кедровский» и ряде других предприятий Кузбасса. Сооружение ИФМ позволит в дальнейшем использовать на каждом из них от 400 до 800 тыс. м³ породы, что в целом составит около 50 млн. м³ вскрыши, расходуемой рационально.

Ведутся исследования по применению углеотходов в качестве сырья для производства удобрений. Углеотходы содержат многие элементы, необходимые для роста и развития растений, поэтому они могут служить одним из резервов, способных возместить дефицит питательных элементов в почве. Углеотходы, пригодные для производства удобрений, по своему литологическому составу не многочисленны. Это алевролиты, аргиллиты и их переходные разновидности. Основным этапом по производству удобрений из углеотходов является их измельчение и затем использование для приготовления компонентов. Доза компоста 5–10 т/га.

Существует ряд технологий утилизации метана, являющегося одним из отходов горного производства. Эти технологии в основном направлены на получение электрической и тепловой энергии при утилизации метана дегазационных скважин и работают при минимальной концентрации не ниже 30 %, что допускается правилами безопасности. По оценкам специалистов выбросы в атмосферу метана угольных шахт составляют всего 9,9 % от общей эмиссии метана как парникового газа, причем 66 % из этого объема составляют вентиляционные выбросы с низкой (до 2 %) концентрацией метана

в воздушно-метановой смеси. На шахтах компании «Южкузбассуголь» в 2002 году из общего объема выбросов метана, равного 289 млн. м³, вентиляционные выбросы составили 219 млн. м³, т. е. 76 %, и только 70 млн. м³/год пришлось на выбросы дегазационных систем.

Экономический эффект от перехода на малоотходную и безотходную технологию действующих и реконструируемых производств можно определить [3]:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^3 (\mathcal{E}_{\text{тех}i} + \mathcal{E}_{\text{исп}i} + \mathcal{E}_{\text{пр.охр}i} + \mathcal{E}_{\text{сохр.земли}i} + \mathcal{E}_{\text{рек}i}),$$

где i – индекс вида отходов производства (твердые, жидкие, газообразные); $\mathcal{E}_{\text{тех}i}$ – экономический эффект от изменения технологии производства; $\mathcal{E}_{\text{исп}i}$ – экономический эффект от использования i -го вида отходов; $\mathcal{E}_{\text{пр.охр}i}$ – экономический эффект от предотвращения загрязнений в результате природоохранных мероприятий; $\mathcal{E}_{\text{сохр.земли}i}$, $\mathcal{E}_{\text{рек}i}$ – экономический эффект от сохранения земли и увеличения рекультивированных площадей, пригодных для использования.

Контрольные вопросы

1. Понятие безотходная технология.
2. Основной принцип безотходной технологии.
3. Виды отходов горного производства по агрегатному состоянию.
4. Основные направления использования отходов горного производства.
5. Оценка ущерба окружающей среде при ведении горного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Охрана окружающей среды в условиях развития горного производства является одной из острейших проблем современности. Эта проблема вызвана неблагоприятными изменениями в природе под воздействием интенсификации горной промышленности. Открытым способом добывается около 75 % объема твердых полезных ископаемых. Угольные разрезы совместно с перерабатывающими предприятиями являются одним из мощнейших факторов, отрицательно сказывающихся на изменении качества компонентов окружающей среды. Поэтому важной задачей является воспитание у будущих инженеров чувства личной ответственности за состояние окружающей среды.

Качественное решение природоохранных задач в инженерной деятельности специалистов по открытым горным работам возможно только на основе знаний технологии открытых горных работ и общих вопросов охраны окружающей среды. Такой комплексный подход позволяет освоить методику расчета основных параметров, характеризующих загрязнение атмосферы, поверхностных и подземных вод; определить минимальную площадь земельного отвода, необходимого для развития горного предприятия.

Цель данного учебного пособия – не только изучение учебного материала, предусмотренного программой, но и закрепление теоретических знаний путем повторения пройденного материала по контрольным вопросам и освоение методического подхода при решении конкретных расчетов. Для определения ширины санитарно-защитной зоны горного предприятия приведен пример расчета выброса вредных веществ из неорганизованных источников угольного разреза. Расчет притоков воды в карьер позволяет сделать прогноз возможности сброса карьерных вод в водоем и при необходимости доочистки воды рассчитать длину фильтрующего массива. Для получения представлений о площади земельного отвода горного предприятия в пособии приведены расчеты площадей горного отвода, склада плодородного слоя почвы и внешнего отвала.

На основе теоретических знаний и проведенных расчетов читатели могут сделать выводы о необходимости проведения мероприятий по снижению вредного влияния технологических процессов на окружающую среду до допустимых пределов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Пример расчета выбросов твердых частиц при буровых работах

Исходные данные.

На угольном разрезе для бурения взрывных скважин диаметром $d = 0,2$ м применяются $N = 5$ станков шарошечного бурения с системой «сухого» пылеулавливания с эффективностью $\eta = 86$ %. Скорость бурения $V_{\text{б}} = 25$ м/ч. Плотность породы $\rho = 2,45$ т/м³. Число часов работы бурового станка в месяц $T = 500$ ч. Необходимо определить массу твердых частиц, выделяющихся в атмосферу.

Решение.

Используя формулы (2.1) и (2.2), получим:

$$M_{\text{б}} = 0,785 \cdot 0,2^2 \cdot 2,45 \cdot 500 \cdot 5 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot (1 - 0,86) = 0,27 \text{ т/год} \quad \text{и}$$

$$M'_{\text{б}} = 0,785 \cdot 0,04 \cdot 2,45 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,14 \cdot 1000 / 3,6 = 0,015 \text{ г/с.}$$

2. Пример расчета массы вредных примесей при взрыве

Исходные данные.

При подготовке горной массы $V_{\text{г.м}}$ к выемке на разрезе расходуется Q взрывчатого вещества, в т. ч. граммонита 79/21 – Q_1 ; граммонита 30/70 – Q_2 ; игданита – Q_3 ; гранулотола – Q_4 . Необходимо определить параметры вредных выбросов в атмосферу.

Решение.

Порядок расчета пылегазовых выбросов при проведении одного взрыва состоит в следующем.

1. Используя табл. 2.4, определяют безразмерные коэффициенты « v », учитывающие работоспособность взрывчатых веществ.

2. По формулам (2.5) и (2.6) определяют удельный расход ВВ $q_{\text{ВВ}}$, кг/м³, приведённый к граммониту 79/21.

3. По графикам на рис. 2.8 и 2.9 необходимо определить удельное выделение вредных веществ при взрыве 1 т ВВ, в т. ч.: $q_{\text{уд1}}^{\text{ТВ}}$

граммонита 79/21; $q_{\text{уд1}}^{\text{СО}}$ граммонита 79/21; $q_{\text{уд2}}^{\text{ТВ}}$ граммонита 30/70;

$q_{уд2}^{CO}$ граммонита 30/70; $q_{уд3}^{ТВ}$ игданита; $q_{уд3}^{CO}$ игданита; $q_{уд4}^{ТВ}$ грануло-тола; $q_{уд4}^{CO}$ гранулотола; $q_{уд}^{NO_x} = 0,0025$ т/т.

4. Количество твердых частиц $M_{ПГО}^{ТВ}$, оксида углерода $M_{ПГО}^{CO}$ и оксидов азота $M_{ПГО}^{NO_x}$, выбрасываемых с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва, определяется по формуле (2.4).

5. Количество оксида углерода $M_{Г.М}^{CO}$, выделяющегося из горной массы после взрыва, принимается $0,5 M_{ПГО}^{CO}$.

6. Количество оксида углерода $M_{В}^{CO}$, выделяющегося при взрывных работах от одного взрыва, определится как сумма оксида углерода, выделяющегося из горной массы и выбрасываемого с пылегазовым облаком.

7. Длина зоны рассеивания пыли, оксида углерода и оксидов азота определяется по формуле (2.3).

8. Зоны рассеивания вредных веществ наносятся на план горных работ, что позволяет анализировать ситуацию и в случае необходимости планировать мероприятия по снижению выбросов.

3. Пример расчета выбросов пыли при экскавации горной массы

Исходные данные.

На разрезе работают экскаваторы ЭКГ-10. Отгружается разрыхленная взрывом порода с известной плотностью и влажностью. Пылеподавление в забое не применяется. Определить массу пыли, поступающей в атмосферу разреза при погрузке в автосамосвалы.

Решение.

Используя формулу (2.7), определяем массу пыли, поступающей в атмосферу разреза при погрузке породы в автосамосвалы.

4. Пример расчета выбросов при транспортировании горной массы

Исходные данные.

При перевозке со средней скоростью $V_{ср}$ горной массы из забоев экскаваторов до отвала на расстояние $L_{тр}$ (длину и покрытие

временных и стационарных дорог принять одинаковыми) работает N единиц автотранспортной техники. Число рейсов транспортной единицы в сутки составляет n_p . Определить массу поступления вредных примесей в атмосферу угольного разреза.

Решение.

1. По формуле (2.8) определяем массу пыли, поступающей в атмосферу из-под колес автосамосвалов.

2. По формуле (2.10) определяем массу пыли, сдуваемой с поверхности кузовов автосамосвалов.

3. Суммируем обе массы.

4. По формуле (2.15) определяем массу i -го вредного вещества, образующегося при работе дизеля автосамосвала с учетом режимов.

5. По формуле (2.13) с учетом (2.14) определяем массу вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу.

5. Расчет ПДС загрязняющих веществ с карьерными водами

Исходные данные.

Карьерное поле имеет длину 1000 м, ширину 500 м и вскрывает безнапорный водоносный горизонт с коэффициентом фильтрации 0,5 м/сут, мощностью 10 м, высачивание которого из откоса происходит на высоте 5 м от дна карьера. Годовое количество атмосферных осадков в виде дождя в районе составляет 300 мм и снеговой покров 1,3 м. Допустим ли сброс карьерных вод при фоновой концентрации 10 мг/л в реку рыбохозяйственного назначения с расходом воды 10^6 м³/ч при коэффициенте смешивания 0,9 ?

Решение.

Поверхностный приток формируется в основном из дождевых и талых вод.

1. Приток дождевых вод определяется по формуле (3.1)

$$Q_d = 300 / (365 \cdot 0,33 \cdot 24) \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 10^3 = 4,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2. Приток талых вод в карьер по формуле (3.2)

$$Q_T = 0,9 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 1000 \cdot 500 / 21 \cdot 24 = 580 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3. Приток подземных безнапорных вод определяется по формуле (3.3)

$$Q_{\text{под}} = 1,36 \cdot 0,5 \cdot (10^2 - 5^2) / \lg 2,5 = 1275 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4. Общий водоприток $Q_{\text{пр}}$ в карьер определяется как сумма поверхностных $Q_{\text{пов}}$ и подземных притоков $Q_{\text{под}}$, что равно $1859,6 \text{ м}^3/\text{ч}$.

5. Максимально допустимая концентрация вредного вещества в карьерных водах, сбрасываемых из карьерного водоотлива в открытый водоем, определяется по формуле (3.8):

$$C_{\text{сб}} = (0,9 \cdot 10^6 / 1859,6 + 1)0,5 + 10 = 252 \text{ мг/м}^3$$

По результату осуществляется прогноз качества воды при всех заданных параметрах путем сравнения $C_{\text{сб}}$ с допустимой 30 мг/л . Необходимо уменьшать в карьерных водах концентрацию вредного вещества путем применения дополнительных систем очистки.

6. Расчет параметров фильтрующего массива состоит в определении длины фильтрации, обеспечивающей снижение концентрации взвешенных частиц в сбрасываемых водах до норм в водных объектах, по формуле (3.11)

$$L = \frac{1}{0,01} \ln \frac{252}{10} = 32 \text{ м}$$

Вывод.

После очистки через фильтрующий массив сброс карьерных вод в водные объекты допустим.

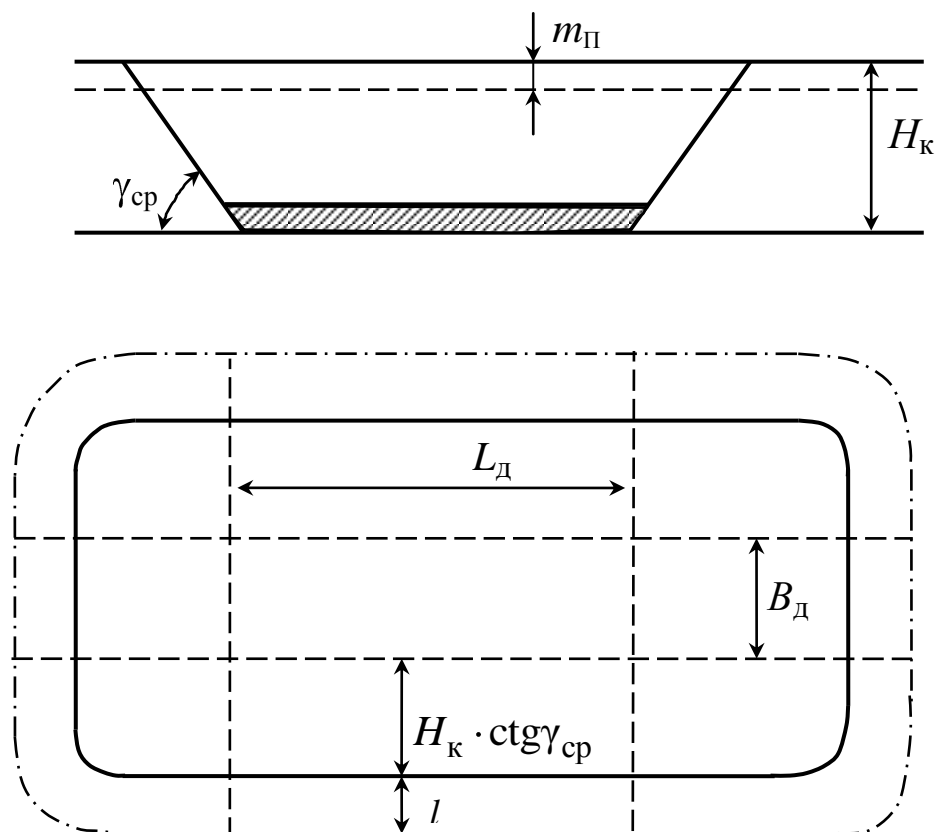
6. Расчет площади земельного отвода угольного разреза

Исходные данные.

Предположим, что месторождение угля с углом залегания пласта $\alpha = 5^\circ$, размерами дна карьера $L_{\text{д}} = 1,1 \text{ км}$, $B_{\text{д}} = 0,09 \text{ км}$ и глубиной $H_{\text{к}} = 50 \text{ м}$ расположено на сельскохозяйственных угодьях. Средний угол разноса бортов ($\gamma_{\text{ср}}$) принять 30° . Ширину санитарно-защитной зоны при предварительных расчетах для угольных разрезов принимают равной 500 м . Мощность плодородного слоя составляет $m_{\text{п}} = 0,5 \text{ м}$. Вскрыша вывозится на внешний отвал. Высота внешнего отвала $h_0 = 30 \text{ м}$. Рассчитать площадь земельного отвода с наиболее рациональным использованием земельных ресурсов.

Решение.

Необходимо начертить схему для определения границы горного отвода карьера при горизонтальном залегании угля:



Площадь горного отвода (карьерного поля с учетом санитарно-защитной зоны) как проекция пласта полезного ископаемого и горных выработок карьера на дневную поверхность определяется по формуле (4.2).

Площадь под внешний отвал вскрышных пород.

Объем вскрышных пород, укладываемых в отвал, определяют по формуле (4.8), учитывая коэффициент угленосности месторождения ($K_y = 0,1$) и коэффициент разрыхления горной массы ($K_{разр} = 1,4$).

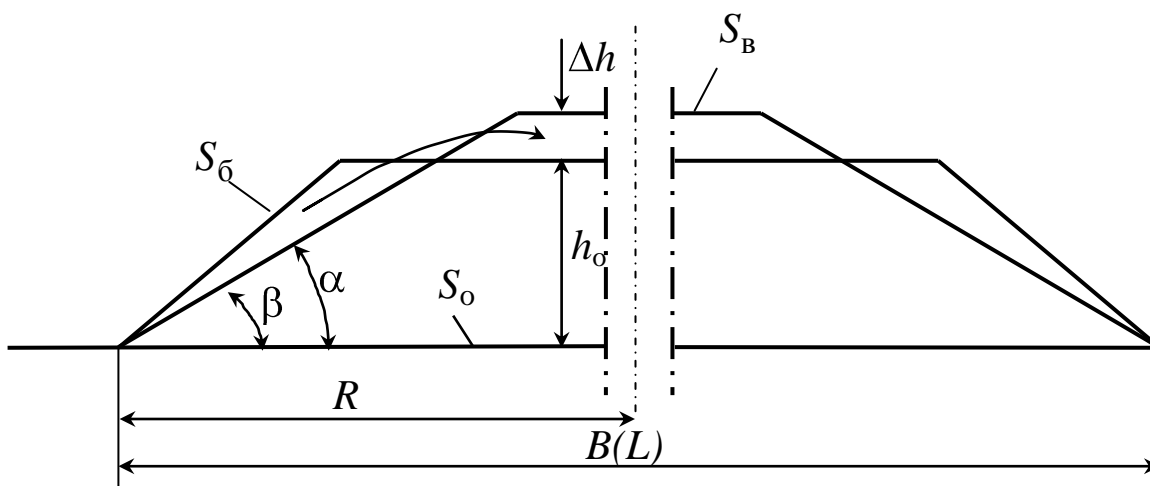
Основные параметры отвала с основанием в форме правильной геометрической фигуры (круга, квадрата или прямоугольника) определяют по формулам (4.9–4.11). По результатам расчетов выбрать форму основания отвала с минимальной площадью. При выполнении этого расчета необходимо дать чертеж схемы выполаживания откоса отвала.

Определение параметров отвала выполняют с учетом объема работ при выполаживании откосов.

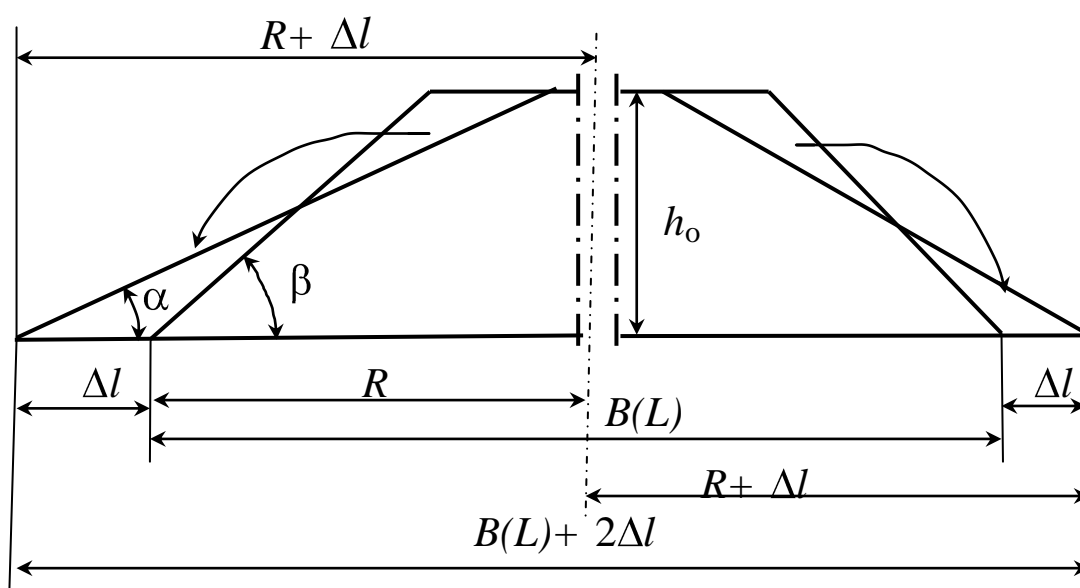
А. Объем работ при выполаживании откосов по схеме «сверху – вниз» определяют по формуле (4.12). Тогда приращение линейных размеров нижнего основания отвала за счет объемов выполаживания определяется:

$$\Delta L = 0,5 h_0 \operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta, \text{ м.}$$

Тогда $R' = R + \Delta L$; $B' = B + 2 \Delta L$; $L' = L + 2 \Delta L$. После чего необходимо провести перерасчет S_B , $S_{\bar{\sigma}}$, $S_{\text{осн}}$, P_0 отвала.



Объем работ при выполаживании откосов по схеме «снизу – вверх» определяют по формуле (4.14). Приращение высоты отвала определяют из отношения объема вскрыши, перемещаемой на верхнее основание отвала при выполаживании откоса, к площади верхнего основания отвала. При этом площадь нижнего основания отвала не изменится.



Площадь под склады плодородных почв ориентировочно определяется из условия размещения объема плодородных почв $V_{\text{пп}}$ в штабеле по формуле (4.6). При этом площадь нарушенных земель определяется как сумма площади горного отвода без санитарно-защитной зоны и площади, занимаемой отвалом после выколаживания откосов. Коэффициент разрыхления плодородного слоя $K_p = 1,1$. Высота склада плодородных почв принимается 5 м. Коэффициент откоса склада $K_{\text{отк}} = 0,75$.

Площадь земельного отвода угольного разреза определяется как сумма площадей основных объектов с учетом развития территории земельного отвода (K_p принимается 1,2) по формуле (4.1).

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- БВР – буровзрывные работы
- ВР – взрывные работы
- ИФМ – искусственный фильтрующий массив
- МПР – Министерство природных ресурсов
- ОГР – открытые горные работы
- ПАВ – поверхностно-активные вещества
- ПДК – предельно допустимая концентрация
- ПДВ – предельно допустимый выброс
- ПДС – предельно допустимый сброс
- ПДУ – предельно допустимый уровень
- ПИ – полезное ископаемое
- ПГО – пылегазовое облако
- РФ – Российская Федерация
- СЗЗ – санитарно-защитная зона
- ТЭО – технико-экономическое обоснование
- ФЗ – федеральный закон

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 20.12.2001.

2. Трубецкой, К. М. Проектирование карьеров : учебник / К. М. Трубецкой, Г. Л. Красненский, В. В. Хронин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2009. – 694 с.

Дополнительная

3. Экология и охрана природы при открытых горных работах : учеб. пособие / П. И. Томаков, В. С. Коваленко, А. М. Михайлов, А. Г. Калашников. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГГУ, 2000. – 414 с.

4. Горлов, В. Д. Решение практических задач по экологии горного производства : учеб. пособие / В. Д. Горлов, Н. А. Петров, Ю. В. Горлов. – Новочеркасск : Изд-во НАБЛА, 1996. – 270 с.

5. Гурин, А. А. Применение гидрогелевой забойки взрывных скважин / А. А. Гурин, С. С. Яценко // Безопасность труда в промышленности. – 1986. – № 1. – С. 38–39.

6. Катанов, И. Б. Совершенствование механизации осушения и забойки взрывных скважин на угольных разрезах Кузбасса // Горные машины и автоматика. – 2003. – № 4. – С. 9–11.

7. Лесин, Ю. В. Охрана и рациональное использование водных ресурсов при разработке угольных месторождений Кузбасса / Ю. В. Лесин, Л. С. Скрынник. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2008. – 179 с.

8. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Правила охраны недр (ПБ 07-601-03). Сер. 07. Вып. 11 / колл. авт. – М. : ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 64 с.

9. Сокращенная методика определения предотвращенного экономического ущерба / Гос. ком. по охране окружающей среды Кемер. области. – Кемерово, 1999. – 11 с.

10. Справочник по осушению горных пород / под ред. Н. К. Станченко. – М. : Недра, 1984. – 572 с.

11. Ушаков, К. З. Аэрология карьеров : учебник / К. З. Ушаков, В. А. Михайлов / под ред. В. В. Ржевского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 272 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Классификация антропогенных факторов открытых горных работ	6
2. Охрана атмосферы	10
2.1. Нормирование качества атмосферы.....	10
2.2. Роль климатических факторов.....	13
2.3. Буровые работы.....	14
2.3.1. Пылеобразование при бурении скважин.....	14
2.3.2. Способы снижения запыленности при бурении.....	16
2.4. Загрязнение атмосферы при взрывных работах.....	18
2.4.1. Образование вредных примесей при взрыве.....	18
2.4.2. Мероприятия по снижению пылегазовых выбросов при массовых взрывах.....	23
2.5. Запыленность воздуха при выемке и погрузке горной массы.....	27
2.6. Запыленность и загазованность атмосферы при транспортировании горной массы.....	32
2.6.1. Запыленность атмосферы при перемещении горной массы автотранспортом.....	32
2.6.2. Выбросы вредных веществ при сжигании топлива в двигателях автомобилей и тепловозов.....	35
2.7. Загрязнение атмосферы при отвалообразовании.....	37
2.8. Пылеобразование при складировании угля.....	41
2.9. Пылегазовыделение объектами промплощадки.....	43
2.10. Санитарно-защитная зона горного предприятия.....	45
2.11. Контроль состояния атмосферного воздуха.....	48
2.12. Укрупненная экономическая оценка экологического ущерба от загрязнения атмосферы.....	49
3. Охрана водных ресурсов	52
3.1. Поверхностные и подземные воды как природные ресурсы.....	52
3.2. Водный баланс.....	53
3.3. Оценка обводненности месторождений.....	54
3.4. Приток воды в карьер.....	58
3.5. Предотвращение притока воды в горные выработки... ..	63
3.6. Качество и состав природных вод.....	75
3.7. Критерии оценки чистоты воды.....	78

3.8. Очистка и обеззараживание сточных вод горных предприятий.....	79
3.9. Практические варианты очистки карьерных вод в Кузбассе.....	83
3.10. Экономическая оценка экологического ущерба водным ресурсам.....	85
3.11. Рекультивация горных выработок под водоем рыбохозяйственного значения.....	87
4. Охрана и рациональное использование земельных ресурсов.....	89
4.1. Классификация нарушенных земель при открытых горных работах.....	89
4.2. Выбор места расположения отвалов с позиций рационального землепользования.....	96
4.3. Рекультивация нарушенных земель.....	102
4.4. Формирование гидроотвалов и хвостохранилищ.....	107
4.5. Оценка эффективности использования земель.....	110
4.6. Мероприятия по охране и повышению эффективности использования земель при добыче полезных ископаемых.....	111
4.7. Основные признаки оценки продуктивности земли после ее восстановления.....	112
4.8. Экономическая оценка ущерба земельным ресурсам в результате ухудшения их качества.....	113
5. Рациональное использование недр.....	116
5.1. Виды запасов минеральных ресурсов.....	119
5.2. Кондиции на минеральное сырье.....	120
5.3. Оценка эффективности использования недр.....	121
6. Основы безотходной технологии.....	124
6.1. Отходы горнодобывающего производства.....	125
6.2. Комплексное использование угля – основное звено стратегии развития.....	130
Заключение.....	134
Приложение.....	135
Список рекомендуемой литературы.....	142

И. Б. Катанов

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ КУЗБАССА**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор З. М. Савина

Подписано в печать 11.04.2012. Формат 60×84/16

Гарнитура «Times New Roman». Бумага офсетная

Отпечатано на ризографе

Уч.-изд. л. 8,50. Тираж 300 экз.

Заказ

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Типография КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а