

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель
Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

А.В. КОРЧАК

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

В.Л. ПЕТРОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

*президент МГГУ,
чл.-корр. РАН*

*директор
Издательства МГГУ*

академик РАН

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик МАН ВШ

академик РАН

академик РАН

академик РАН

Б.Н. Кутузов

ИСТОРИЯ ГОРНОГО И ВЗРЫВНОГО ДЕЛА

*Допущено Учебно-методическим
объединением вузов Российской Федерации
по образованию в области горного дела
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по специальности
«Взрывное дело» направления подготовки
«Горное дело»*

Москва
♦
Издательство
Московского государственного
горного университета
♦
Издательство «Горная книга»
♦

2008



ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО —

УДК 622.235
ББК 33.133
К 95

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-33/6 от 07.04.2008)

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. В.И. Комащенко (Российский государственный геологоразведочный университет);
- д-р техн. наук Н.Н. Казаков (ИПКОН РАН)

Кутузов Б.Н.

К 95 История горного и взрывного дела: Учебник для вузов. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2008. — 414 с. (ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО)

ISBN 978-5-7418-0537-4 (в пер.)

ISBN 978-5-98672-105-7

Приведены краткие сведения о развитии горного дела, включая проведение горных выработок и системы разработки, о породах и полезных ископаемых, способах разрушения твердых горных пород.

Изложены материалы о дымном и бездымном порохах как первых средствах для использования в военном и горном деле.

Содержатся данные о динамитах А. Нобеля и российских ученых, об аммонитах и ВВ, не содержащих химических ВВ. Освещена история развития средств инициирования зарядов. Рассмотрены области применения взрывов в горном деле, строительстве и промышленности. В особый раздел выделены библиографические сведения об ученых и инженерах-взрывниках СССР и России. В заключительной части описаны способы бурения отверстий, шпуров, скважин на Земле и других планетах.

Б.Н. Кутузов — доктор технических наук, профессор кафедры «Разрушение горных пород взрывом» Московского государственного горного университета.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Взрывное дело» направления подготовки «Горное дело». Может быть полезен инженерам-взрывникам, работающим на горных предприятиях.

УДК 622.235
ББК 33.133

ISBN 978-5-7418-0537-4
ISBN 978-5-98672-105-7

© Б.Н. Кутузов, 2008
© Издательство МГТУ, 2008
© Издательство «Горная книга», 2008
© Дизайн книги. Издательство МГТУ, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Развитие человеческого общества неизбежно связано с развитием различных отраслей народного хозяйства и промышленности, в первую очередь горной, военной, металлургической и машиностроения. Однако исходным для формирования промышленного потенциала всех стран стало развитие открытой и подземной добычи из недр Земли твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, которые являлись минеральным сырьем для всех отраслей промышленности. Эти полезные ископаемые необходимо было найти в недрах Земли (геолого-разведочные работы), провести комплекс выработок путем разрушения горных пород от поверхности до месторождения, а затем разрушать и извлекать их на поверхность для переработки на дробильно-обогащительных фабриках и металлургических заводах. Военная промышленность создавалась для завоевания и обороны; металлургия и машиностроение обеспечивали необходимое оснащение армии стрелковым оружием. Но с определенным опережением развивалась химическая промышленность, производившая сначала пиротехнические составы для создания фейерверков, а затем пороха (черные и бездымные) для стрелкового оружия. Однако крупнокалиберные ядра для увеличения разрушительного эффекта требовали снаряжения их взрывчатыми веществами, а потому вслед за порохами химии создали целую группу ВВ разной мощности для снарядов. Надежность взрыва обеспечивали взрыватели ударного (накольного) действия.

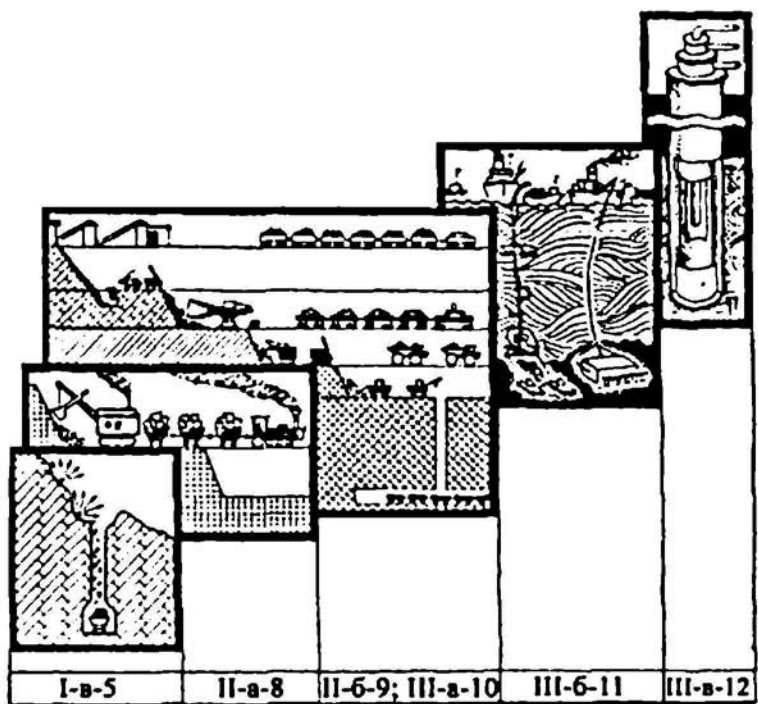
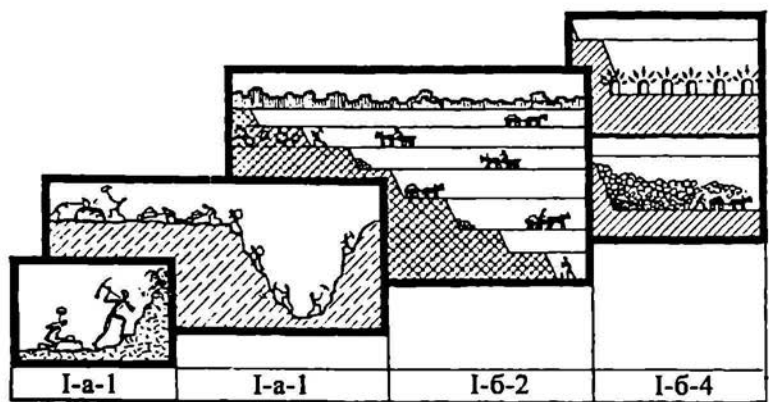
В этой последовательности развивалось взрывное дело в мире и России. Следует также подчеркнуть, что без взрывного дела невозможно было добывать полезные ископаемые, необходимые для металлургии, машиностроения, изготовления вооружения, машин, оборудования, продуктов химической и строительной промышленности. Таким образом, взрывное дело явилось и остается до настоящего времени основой (базисом) промышленного развития стран. В последнее десятилетие этого достигают, причем очень высокими темпами, Китай, Индия, Бразилия, страны юго-восточной Азии и др. Причем в первоначальный период все страны базируют свою промышленность на собственных запасах минерального сырья, а затем идет процесс многоплановой кооперации по полезным ископаемым, промышленному производству, исходя из наличия и стоимости рабочей силы, обеспеченности производства энергетическими и пищевыми ресурсами.

В практике большинства развитых стран идет мировая глобализация производства, а также кооперация с менее развитыми странами с учетом возможности использования их пищевых, сырьевых ресурсов, а также рабочей силы.

Это определенным образом касается и нашей страны, которой необходимо разумно распоряжаться своими сырьевыми ресурсами посредством взаимовыгодного обмена с целью получения технологий и техники, которые недостаточно развиты в России.

Об этом сейчас много пишут в газетных статьях и выступают руководители государства, а потому развивать этот вопрос в данной книге нет необходимости.

Основные этапы развития горного и взрывного дела в нашей стране с его зарождения до настоящего времени показаны на рисунке и в таблице, приведенных в работе [1] академика В.В. Ржевского.



Развитие основных способов и средств выемочно-транспортных работ на открытых горных разработках

Развитие основных способов и средств выемочно-транспортных работ на открытых горных разработках в дореволюционной России и в СССР (см. рисунок)

Индекс класса	Основные способы производства	Средства (методы) выемочно-транспортных работ	Период
I	Открытые разработки с применением ручного труда: а) исключительно ручной труд на всех процессах б) ручной труд на выемочно-погрузочных работах в сочетании с конным (гужевым) транспортом в) ручной труд с использованием силы взрыва: • для отбойки породы • для отбойки и доставки породы с верхних рабочих горизонтов силой взрыва г) преимущественно ручной труд с частичной механизацией отдельных операций	1. Простейшие орудия ручного труда 2. Постепенное совершенствование орудий ручного труда и тележек (вплоть до «грабарок» и «колымажек»; вместимость кузовов 0,33—0,5 м ³) 3. Первое использование взрывных (прохострельных) работ на карьерах (первые методы взрывных работ) 4. Слоевое обрушение породы на подовую карьера (метод минных или камерных зарядов) 5. Способ «горных воронок» — «гори-холл» (метод шпуровых зарядов) 6. Первые попытки механизации выемочно-транспортных работ (первые паровые экскаваторы на железнодорожном ходу с ковшем вместимостью $E_k = 0,5 + 1,5 \text{ м}^3$; простейшие вагонетки вместимостью 0,5—1 м ³ узкой колеи; механические подъемники)	Со времен каменного и бронзового веков Бронзовый и железный век (2-е тысячелетие до н. э. — 20—30-е годы XX столетия) С конца XVII столетия. За исключением отдельных случаев — до внедрения механизации погрузочно-транспортных процессов То же, до внедрения механизации погрузочных работ. Вторая половина XIX — начало XX столетия

		7. Механическое бурение шпуров, а в дальнейшем — скважин (первые буровые механизмы) 8. Буровые станки ударно-канатного бурения. Паровые экскаваторы ($E_k = 1,5+3 \text{ м}^3$). Автосамосвалы грузоподъемностью 1,5—3 т. Железнодорожный транспорт узкой и широкой колеи преимущественно с паровой и тепловозной тягой (вагоны $E_a = 2,5+5 \text{ м}^3$ узкой и грузоподъемностью 20 т — широкой колеи) 9. Высокопроизводительные буровые станки вращательного и огневого бурения. Карьерные ($E_k = 20 \text{ м}^3$), шагающие (E_k от 10—25 до 80—100 м^3) и вскрышные (E_k до 35 м^3) экскаваторы. Автосамосвалы грузоподъемностью 27—40 т. Железнодорожный транспорт с электрической и тепловозной тягой; думпкары грузоподъемностью 80—100 т (100—180 т). Конвейерный и различные виды комбинированного транспорта. Механизация вспомогательных процессов	Рубеж XIX—XX столетий
II	Механизированные карьеры: а) механизация основных (наиболее трудоемких) процессов б) комплексная механизация основных и вспомогательных процессов	30-е годы XX столетия 50—60-е годы XX столетия	

III	Горные разработки будущего; а) карьеры ближайшего будущего — мощные высокомеханизированные карьеры с централизованной автоматической системой управления, комплексным использованием сырья и охраны (восстановлением) окружающей среды	10. Высокопроизводительные, автоматизированные буровые установки. Мощные навесные тракторные рыхлители. Карьерные ($E_k = 20 \text{ м}^3$ и более), шагающие ($E_k = 100 + 120 \text{ м}^3$ и более) и вскрывающие ($E_k = 100 \text{ м}^3$ и более) экскаваторы. Роторные комплексы производительно-стью свыше $10—15 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$. Пневмоколесные карьерные погрузчики ($E_k > 20 \text{ т}$) мощностью более $1000 \text{ л. с. (730 кВт)}$. Автосамосвалы грузоподъемностью $100—200 \text{ т}$ и автопоезда до 500 т и более. Железнодорожный транспорт (думпкары до 200 т и более, тяговые агрегаты постоянного и переменного тока со сцепной тягой более 400 т). Самоходные дробильные и грохотильные установки, серии ленточных конвейеров производительно-стью $20 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ и более	80-е годы XX столетия
-----	--	---	-----------------------

	б) добыча полезных ископаемых со дна морей и океанов в) горные предприятия более отдаленного будущего, работающие на принципе физико-химических методов (процессы) добычи полезных ископаемых из недр земли с управлением с поверхности	11. Плавучие и подводные механизированные установки: драги различных типов, плавучие платформы с добычным оборудованием, земснаряды, подводные самоходные установки и т. д. 12. Добыча полезного ископаемого через скважины расплавлением, растворением, выщелачиванием, перегонкой и т. д.	Конец XX — начало XXI столетия XXI столетие
--	---	---	---

История взрывного дела, как отрасль техники, охватывающая комплекс процессов, связанных с применением энергии взрыва ВВ в народном хозяйстве, включает весьма широкий круг вопросов, основные из которых можно обобщить в следующих разделах книги:

- элементы горного дела;
- основные термины и понятия;
- свойства горных пород, определяющие их эффективность при бурении и взрывании;
- классификация горных пород;
- создание средств и способов разрушения крепких пород без применения взрыва;
- создание порохов и взрывчатых веществ;
- создание средств инициирования зарядов;
- создание машин и инструмента для бурения шпуров и скважин с целью размещения зарядов ВВ во взрываемом массиве горных пород;
- создание машин и механизмов для изготовления ВВ, производства, транспортировки и заряжания шпуров и скважин;
- разработка методов определения свойств взрывааемых массивов;
- разработка теорий действия взрыва заряда ВВ на массив горных пород и методов расчета зарядов: глубинных, рыхления, выброса;
- разработка методов проектирования взрывных работ;
- разработка технологий ведения взрывных работ;
- разработка правил безопасности выполнения взрывных работ;
- разработка физических методов разрушения.

Ученым и исследователям, участвовавшим в создании указанных разделов взрывного дела, как ведущей отрасли горной промышленности, не упомянутым в книге, автор заранее приносит извинения, т.к. отметить всех — это непосильная задача даже для энциклопедии.

Автор приносит благодарность доц. Д.Д. Гализину, безвременно ушедшему из-за тяжелой болезни, за большое участие в подборе материалов для книги, а также аспиранту Павлу Брагину, внесшему большой вклад в оформление материалов книги при ее подготовке к печати.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Отбойка и дробление скальных пород при их разработке производятся с помощью зарядов ВВ, размещаемых в шпурах, скважинах или камерах.

Шпур — искусственное цилиндрическое углубление в горной породе или бетоне, кирпичной кладке диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, пробуренное, как правило, бурильным молотком или сверлом.

Скважина — искусственное цилиндрическое углубление диаметром более 75 мм при глубине до 5 м и любого диаметра при глубине более 5 м, пробуренное, как правило, буровым станком.

Для размещения больших зарядов ВВ (от нескольких до сотен и тысяч тонн) с поверхности проходят выработки, в которых создают специальные камеры, как правило, прямоугольной или сводчатой формы в поперечном сечении. Их проходят из горизонтальных выработок — штолен — сечением не менее $1,2 \text{ м}^2$ или из вертикальных — шурфов — сечением не менее $1,0 \text{ м}^2$. Объем выработок составляет от 10 до 1000 м^3 и более.

Бурение — процесс последовательного разрушения породы буровым инструментом на забое шпура или скважины и удаления продуктов разрушения на поверхность водой, воздухом или шнеками.

Буровые работы — совокупность технологических операций по установке буровой машины на ось скважины, бурение ее на полную глубину, подъем бурового става и переезд на точку расположения следующей скважины.

Безопасные расстояния при взрывных работах определяют по специальным методикам для людей и оборудования. За пределами этих расстояний при выполнении взрыва в соответствии с проектом (паспортом) исключаются травмирование людей и повреждение оборудования.

Взрывные работы — совокупность технологических операций по подготовке и производству взрыва: составление проекта, доставка ВМ на заряжаемый блок, зарядание и забойка скважин, шпуров или камер с установкой в них детонаторов,

монтаж взрывной сети (цепи) и ее инициирование после удаления всех людей на безопасное расстояние от взрыва.

Взрывник — рабочий определенного возраста, стажа работы на горном предприятии, образования, допущенный медиками к обращению с ВМ, получивший «Единую книжку взрывника», дающую ему право после месячной стажировки на самостоятельное получение ВМ и ведение взрывных работ.

Буровзрывные работы — совокупность технологических операций, выполняемых при буровых и взрывных работах.

Забойка — процесс заполнения свободной части зарядной полости (шпура, скважины или камеры) инертным забоечным материалом, препятствующим при взрыве преждевременному вылету из нее газов взрыва, продуктов детонации и улучшающим за счет этого эффективность работы взрыва. Так же называют инертный материал для производства забойки (песок, глина, мелкая порода и т.д.).

Заряд ВВ — определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, с введенным в него инициатором. Величина (масса) заряда указывается в килограммах или тоннах.

Заряжание — процесс размещения заряда в зарядной камере.

Накладным (наружным) называют заряд, размещаемый на поверхности взрываемого объекта.

Внутренним называют заряд, размещенный внутри взрываемого объекта, в шпурах, скважинах или камерах.

Сосредоточенным называют заряд, имеющий форму куба или шара. Такой заряд может иметь форму цилиндра, длина которого не превышает его трех диаметров, или параллелепипеда с тем же соотношением размеров. Если длина заряда больше указанных величин, то его называют **удлиненным** (колонковым).

Сплошным называют заряд, не разделенный промежутками.

Рассредоточенным называют заряд, отдельные части которого разделены промежутками (участками) воздуха, воды, породы, дерева и т.п.

Взрывчатыми веществами называют химические соединения или механические смеси, которые под действием внешнего импульса (нагревание, удар, искры огня) способны взрывать-

ся. Взрыв промышленных ВВ протекает в форме детонации, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью по всей массе ВВ.

Взрывом ВВ называют его чрезвычайно быстрое (сверхзвуковое) химическое превращение, при котором выделяются тепло и большое количество сжатых газов, способных производить механическую работу разрушения и перемещения окружающей среды.

Взрывоопасные газы — горючие газы, способные образовывать с воздухом взрывчатую смесь. В рудничной атмосфере могут находиться следующие взрывчатые газы: бутан, водород, метан, оксиды углерода, пропан, сероводород, этан, этилен и другие углеродные газы и пары.

Взрывание — процесс инициирования зарядов в заданной последовательности способами, обеспечивающими безопасность и эффективность выполнения этих работ.

Детонация — распространение взрыва по заряду ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью, обусловленное прохождением детонационной волны.

Детонационная волна — ударная волна сжатия, распространяющаяся по заряду со сверхзвуковой постоянной скоростью, обеспечивающая возникновение за передним фронтом волны быстрой химической реакции ВВ, т.е. детонационная волна представляет собой совокупность ударной волны и следующей за ней зоны химического превращения ВВ.

Ударная волна — однократный скачок уплотнения, распространяющийся по среде со сверхзвуковой скоростью, на фронте которого происходит мгновенное изменение (увеличение) давления плотности и температуры среды. При этом частицы среды движутся вслед за фронтом ударной волны.

Для возбуждения взрыва зарядов промышленных ВВ в них размещают средства инициирования (капсюли-детонаторы, электродетонаторы, детонирующий шнур) или специальные промежуточные детонаторы.

Взрывчатыми материалами (ВМ) называют совокупность ВВ и средств инициирования, включая промежуточные детонаторы.

Средства инициирования (СИ) — небольшие заряды высокочувствительных ВВ, размещенные в гильзах (капсюли и электродетонаторы) или шнурах (детонирующие шнуры) с смонтированным в них или подсоединенным к ним средством возбуждения их детонации, которая порождает взрыв (детонацию) зарядов промышленных ВВ. Для низкочувствительных ВВ применяют промежуточные детонаторы массой 400—800 г, изготовленные из прессованного тротила или смеси тротила с гексогеном, баллиститного пороха и др.

Капсюль-детонатор — небольшой заряд чувствительных инициирующих ВВ, размещенный в металлической или картонной гильзе.

Электродетонатор — совокупность капсюля-детонатора с смонтированным в нем электровоспламенителем. В электродетонаторах короткозамедленного и замедленного действия между инициирующим ВВ и электровоспламенителем размещен замедляющий состав.

В электронных детонаторах размещен накопительный конденсатор, разряд которого происходит на мостик накаливания, а время замедления устанавливают встроенной микросхемой, которая обеспечивает высокоточное замедление до 1 мс. Общее время замедления может достигать 10 с.

Детонирующий шнур — шнур с сердцевинной из мощного чувствительного ВВ, предназначенный для инициирования зарядов ВВ непосредственно или с помощью промежуточных детонаторов. Взрывается от КД или ЭД.

Огнепроводный шнур — шнур с прессованной пороховой сердцевинной, которая горит с определенной скоростью.

Зажигательная трубка — капсюль-детонатор с введенным и закрепленным в нем отрезком огнепроводного шнура.

Огневое взрывание — способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются взрывником непосредственно или с использованием зажигательных патронов.

Зажигательный патрон — картонный стаканчик с пороховой лепешкой на дне, позволяющей поджигать одновременно несколько отрезков шнуров зажигательных трубок.

Электроогневое взрывание — способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются электровоспламенителями.

Электрозажигательный патрон — зажигательный патрон с вмонтированным в пороховой лепешке электровоспламенителем.

Электрическое взрывание — способ инициирования зарядов с помощью электродетонаторов, соединенных в электро-взрывную сеть (цепь).

Неэлектрические волноводные системы инициирования (СИНВ, «Нонель») — комплекс средств, состоящих из трубчатого волновода, детонаторов малой мощности для монтажа сети и повышенной мощности для инициирования шашек промежуточных детонаторов или зарядов ВВ, разветвителей сети и средств инициирования волновода (КД, ЭД, устройства конденсаторного типа или с капсюлем-жевело). По существу, это аналог сети из ДШ.

Трубчатый волновод — одно- или многослойная трубка, на внутренней поверхности которой напылен тонкий слой инициирующего состава, передающий взрывную волну со скоростью 2000 м/с без разрушения трубки, надежно инициируя все детонаторы системы.

Взрывная сеть представляет собой соединение по определенной схеме инициаторов зарядов наружных, шпуровых, скважинных или камерных. При электрическом и электроогневом взрывании — это сеть из проводов с детонаторами и подсоединенным к ним источником тока. При взрывании детонирующим шнуром это магистральные линии ДШ с подсоединенными к ним отрезками ДШ от боевиков зарядов ВВ. При СИНВ, «Нонель» — это смонтированная сеть из волновода с детонаторами малой мощности, от которой идут волноводы к зарядам ВВ или ПД с детонаторами повышенной мощности.

Детонатор — средство для возбуждения детонации в заряде промышленного ВВ. Это штатные СИ (КД, ЭД и ДШ), патроны-боевики и промежуточные детонаторы.

Патрон-боевик — патрон ВВ с введенным в него КД, ЭД или обвязанный детонирующим шнуром. От патрона-боевика детонируют остальные патроны ВВ в заряде или весь заряд.

Промежуточный детонатор — небольшой заряд ВВ (от 0,2 до нескольких килограммов), предназначенный для инициирования зарядов низкочувствительных промышленных ВВ (гранулированных, водосодержащих), которые не детонируют от штатных средств инициирования. ПД безотказно детонируют от штатных СИ.

Доставка ВМ — совокупность погрузочных, транспортных и разгрузочных операций с использованием железнодорожного, авто- и других видов транспорта, а также перенос персоналом ВВ и СИ.

Единая книжка взрывника — удостоверение, получаемое рабочим, имеющим производственный стаж, после обучения на курсах, сдачи квалификационной комиссии экзамена и прохождения месячной стажировки под руководством опытного взрывника, дающее ему право самостоятельного получения ВМ и ведения взрывных работ.

Мастер-взрывник — рабочий-взрывник, имеющий право самостоятельного получения ВМ и ведения взрывных работ в условиях угольных шахт, опасных по взрыву газа или пыли. Имеет больший возраст и стаж работы, чем взрывник.

Персонал для взрывных работ — инженерно-технические работники, взрывники и вспомогательные рабочие, которые руководят подготовкой и организацией проведения взрыва, выполняют зарядание, забойку зарядов, монтаж и проверку взрывных сетей, охрану запретной и опасной зон, подачу сигналов, осматривают и обеспечивают приведение забоя в безопасное состояние, ликвидируют в случае обнаружения отказавшие заряды.

Паспорт буровзрывных работ — инструктивный документ, регламентирующий порядок производства буровых и взрывных работ шпуровым методом при проведении подземных выработок и других небольших взрывов на земной поверхности, содержащий схему расположения шпуров, их число и диаметр, глубину и угол наклона к продольной оси выработки, наименование ВВ и СИ, массу зарядов, количество и величину интерва-

лов замедления при взрывании, материал забойки и ее длину, величину радиуса зоны, опасной по разлету кусков породы, указания о месте укрытия взрывника (мастера-взрывника) и рабочих на время взрыва, времени для проветривания забоя, расположения постов оцепления.

Типовой проект взрывных работ — совокупность документов, в которых приведена классификация разрабатываемых пород по взрываемости, расчетные удельные расходы ВВ для каждой категории, диаметр, сетка расположения скважин, величина зарядов, схема взрывания блоков, организация работ и распорядок работ при подготовке и проведении взрыва, сигнализация и охрана опасной зоны. Указаны ответственные лица за каждый вид работы.

Ядовитые газы образуются в основном при взрыве зарядов ВВ: NO и CO. На некоторых рудниках из массива пород выделяются сероводород, аммиак. Установлены предельно допустимые концентрации для каждого из ядовитых газов с учетом его токсичности.

Массив горных пород — определенный участок горных пород в его естественном состоянии. Трудность разрушения и интенсивность дробления массива пород взрывом зависят в основном от его крепости, трещиноватости, числа открытых поверхностей.

Крепость горных пород — способность пород сопротивляться разрушению под действием внешних усилий (при бурении, взрывании, резании и т.п.), характеризующая чаще всего коэффициентом крепости.

Коэффициент крепости пород f (по шкале проф. М.М. Протоdjаконова) показывает, во сколько раз данная порода крепче другой, принятой за единицу. Коэффициент f допускается определять как частное от деления предела прочности породы на одноосное сжатие на 100 (кгс/см²) или на 9,8 (МПа).

Трещиноватость — совокупность трещин, разделяющих массив горных пород на куски (отдельности) различных размеров (от десятков миллиметров до нескольких метров). Чем крупнее отдельности, содержащиеся в массиве, тем, как прави-

ло, крепость их выше, тем труднее разрушить (раздробить) массив на куски требуемых размеров.

Для оценки сопротивляемости массива разрушению при бурении и взрывании применяют понятия «буримость» и «взрываемость» горных пород.

Буримость — сопротивляемость горной породы разрушению при бурении, характеризуемая чистой скоростью бурения при стандартных условиях опыта.

Взрываемость — сопротивляемость горных пород разрушению при взрывании, характеризуемая расходом ВВ на 1 м³ раздробленного массива до кусков определенной крупности или на образование воронки выброса зарядом определенной формы.

На каждом карьере мощность погрузочного и транспортного оборудования рассчитана на куски породы определенной крупности. На прием кусков таких же размеров рассчитана дробилка на фабрике, перерабатывающей полезное ископаемое. При взрывании массив, как правило, разрушается на куски, часть которых превышает допустимый размер, поэтому взорванную породу при погрузке принято разделять на **кондиционную** (габаритную), соответствующую по крупности требованиям предприятия, и **некондиционную** (негабаритную), размер кусков которой превышает установленные пределы по крупности.

На карьерах стройматериалов к некондиционной породе относят также мелкие фракции, идущие в отходы.

Линия наименьшего сопротивления — кратчайшее расстояние от центра (оси) заряда до ближайшей открытой поверхности.

Сопротивление по подошве уступа — расстояние от оси скважины (шпура, камеры) до открытой поверхности уступа на уровне отметки его нижней площадки (подошвы).

Буровзрывные работы на горных предприятиях разделяют на основные, или первичные, при которых производятся отделение и дробление части массива породы, и дополнительные, или вторичные, при которых производятся дробление негабарита, выравнивание неровностей уступов подошвы или стенок выработок, ликвидация «навесов», «заколов» и т.п.

Первичные буровзрывные работы производят следующими методами.

На угольных шахтах и рудниках:

- удлиненными зарядами в шпурах диаметром 36—60 мм, глубиной 2—5 м при проходке выработок, отбойке угля и маломощных рудных тел;
- удлиненными зарядами в скважинах диаметром 60—105 (150) мм, глубиной 10—40 м при проходке восстающих, торпедировании угольного пласта, отбойке рудных тел средней и большой мощности;
- сосредоточенными зарядами величиной от 1 до 10 т и более в камерах или скважинах большого диаметра (0,7—1,0) м для отбойки мощных легкодробимых руд, разрушения потолочин и целиков.

На карьерах:

- удлиненными зарядами в вертикальных или наклонных скважинах диаметром 100—300 (400) мм и глубиной 7—20 м и более на средних и крупных карьерах;
- удлиненными зарядами в шпурах диаметром до 70 мм и глубиной до 5 м на карьерах малой производственной мощностью (до 100 тыс. т/год);
- котловыми зарядами в скважинах и шпурах. Для этого скважины и шпуры в донной части перед их заряданием предварительно «простреливаются» небольшими зарядами и основные заряды помещают в образующихся при прострелке в нижней части скважины или шпура котловых расширениях. На отдельных карьерах применяют расширение нижней части скважины с 200—250 до 350—600 мм механическими (шарошечными) или огневыми (в кварцсодержащих породах) расширителями, где размещают заряд большей величины;
- камерными сосредоточенными зарядами массой от нескольких до тысяч тонн в горизонтальных штольнях или вертикальных шурфах. Камерные заряды чаще всего применяют для взрывания на выброс или сброс больших масс породы.

1. ЭЛЕМЕНТЫ ГОРНОГО ДЕЛА*

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Полезными ископаемыми называют природные минеральные образования органического или неорганического происхождения, которые могут быть использованы человеком. Под добычей полезных ископаемых понимают извлечение их из земной коры или гидросферы. В природе полезные ископаемые встречаются в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Существуют следующие способы добычи полезных ископаемых: подземный, открытый, комбинированный, со дна водоемов (озер, морей и океанов), геотехнологический и скважинный. Добычу полезных ископаемых осуществляют горные предприятия.

Горное предприятие — самостоятельная производственная единица, осуществляющая разведку, добычу и обогащение полезных ископаемых. Горное предприятие, осуществляющее добычу и первичное обогащение полезных ископаемых, называется горно-добывающим. Существуют следующие виды горно-добывающих предприятий: шахта, рудник, карьер (разрез), прииск, промысел.

Шахта — горное предприятие для подземной добычи полезных ископаемых (угля, сланцев).

Рудник — горное предприятие для подземной добычи руд, горно-химического сырья и строительных материалов.

* Извлечение из учебника «Основы горного дела» / П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов и др. — Изд. МГТУ, 2006. — 401 с.

Карьер — горное предприятие, осуществляющее добычу полезных ископаемых открытым способом (с поверхности Земли). Разрез — карьер по добыче угля.

Прииск — горное предприятие по добыче россыпных месторождений драгоценных металлов (золотой прииск).

Промысел — горное предприятие по добыче жидких и газообразных полезных ископаемых (нефтяной промысел).

Разработкой месторождения называют комплекс работ по вскрытию, подготовке и очистной выемке. Эти работы являются стадиями разработки месторождения. Вскрытие и подготовка осуществляются посредством проведения выработок. Забой проводимых выработок называют подготовительными. Выемку (добычу) полезного ископаемого ведут в очистных забоях, применяя различные способы его разрушения. Это характерно для твердых полезных ископаемых как при подземных, так и открытых горных работах.

Подземная добыча связана с необходимостью проведения сети подземных горных выработок, по которым добытое полезное ископаемое транспортируют на поверхность (рис. 1.1). При добыче ископаемых углей наиболее распространен механический способ разрушения, при добыче руд — взрывной.

Добытый уголь транспортируют по горным выработкам скребковыми или ленточными конвейерами, в вагонетках электровозами или лебедками, а также под действием собственного веса по желобам или трубам. На отдельных шахтах применяют гидротранспорт, при котором перемещение угля в потоке воды осуществляется по трубам или желобам. Для транспортировки руды на рудниках в пределах добычных блоков применяют скреперную доставку или виброустановки, а по горизонтальным выработкам — электровозную откатку.

На поверхность полезное ископаемое и пустую породу поднимают в специальных подъемных устройствах (сосудах) — скипах или клетях. Последние оборудуют под заезд в них шахтных вагонеток. В клетях также осуществляют спуск и подъем людей, оборудования и материалов.

Комплекс подъемных машин и оборудования называют шахтным подъемом.

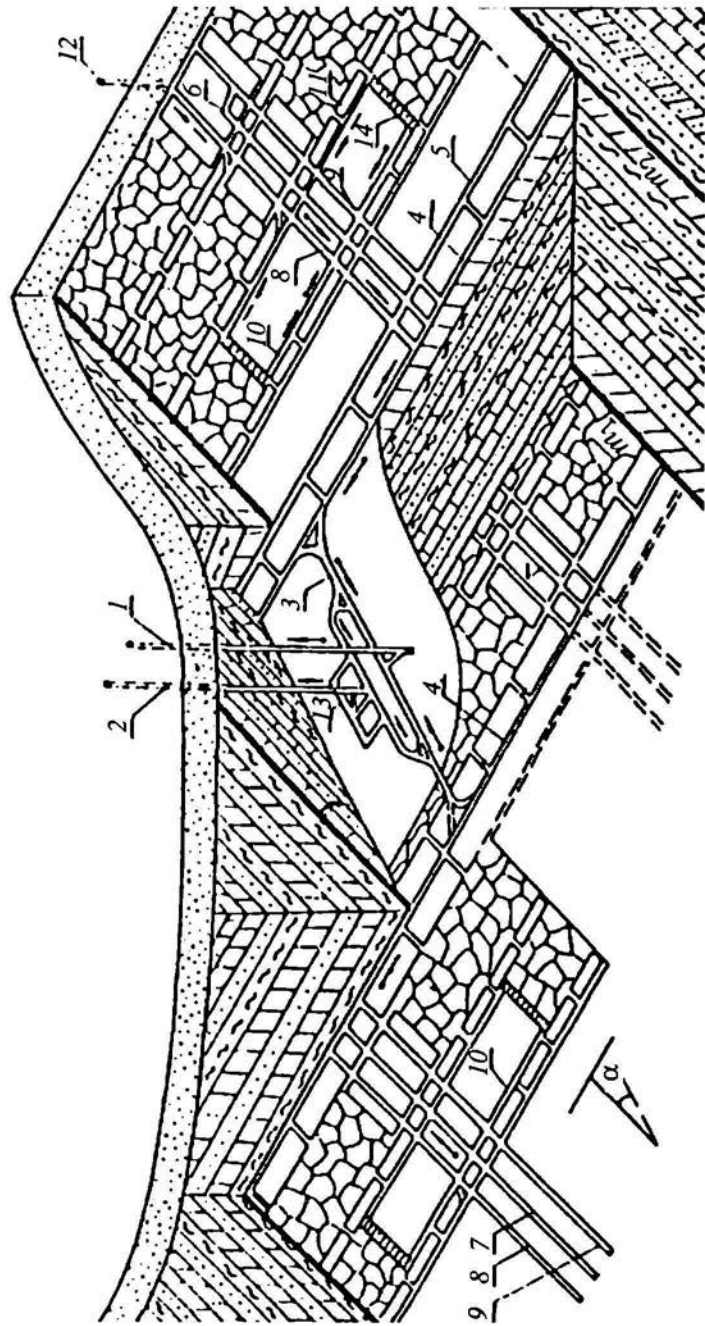


Рис. 1.1. Схема угольной шахты:

1, 2, 12 — вертикальные выработки; 3, 4, 5, 10, 11 — горизонтальные выработки; 6, 7, 8, 9 — наклонные выработки; 13 — насосная камера; 14 — очистная забой

Выданное на поверхность полезное ископаемое размещают на складах и осуществляют отгрузку его потребителям или на обогатительную фабрику.

Для нормального функционирования шахты необходимо осуществлять:

- снабжение горных выработок свежим воздухом. Процесс обеспечения горных выработок и рабочих мест воздухом называется вентиляцией. Контроль за состоянием вентиляции шахты и техники безопасности осуществляет служба вентиляции и техники безопасности;
- удаление поступающей в горные выработки и накапливающейся в водосборнике воды. Система сбора и удаления поступающей в горные выработки воды называется водоотливом;
- снабжение работающих машин и различных установок электро- и пневмоэнергией (сжатым воздухом);
- кондиционирование поступающего в шахту воздуха. Этот процесс осуществляют в глубоких шахтах и рудниках, где температура рудничной атмосферы за счет тепла, выделяющегося из горных пород, обуславливает дискомфортность труда;
- подачу в шахту в зимнее время в районах с суровым климатом подогретого в калориферах воздуха;
- мероприятия по предупреждению газодинамических явлений (внезапных выбросов угля и газа и горных ударов) и эндогенных пожаров;
- ликвидацию последствий аварий в тех случаях, когда не удалось их предотвратить. Эти работы выполняют подразделения специальной военизированной горно-спасательной части;
- контроль за состоянием недр, величиной запасов и правильностью ведения горных работ. Его осуществляет маркшейдерская служба;
- контроль за соблюдением правил безопасного ведения горных работ. Его осуществляет горно-техническая инспекция (ГТИ);

- восстановление участков земли, подвергшихся влиянию горных работ. Эти работы называются рекультивацией. Их осуществляют шахты и карьеры.

Поверхность современных шахт и рудников представляет собой комплекс зданий и сооружений, обычно сгруппированных в блоки. На поверхности располагают здания подъемных машин, копры (конструкции для установки шкивов под канаты клетей и скипов и разгрузки последних), эстакады, помещения электроподстанции, механических мастерских, компрессорной, административно-бытового комбината. На поверхности размещают материальные склады различного назначения.

Для повышения качества добытого полезного ископаемого осуществляют его обогащение. С этой целью строят обогатительную фабрику как для одной, так и для группы шахт.

При открытом способе добычи все горные работы проводят в открытых горных выработках непосредственно с земной поверхности (рис. 1.2). В зависимости от условий залегания извлекают не только полезное ископаемое, но и пустые породы. Эти породы называют вскрышными породами или вскрышей.

Основными производственными процессами при открытых горных работах являются: подготовка горных пород к выемке; выемочно-погрузочные работы; перемещение карьерных грузов (авто- или железнодорожный транспорт, а также конвейерная доставка); отвалообразование вскрышных пород и складирование полезного ископаемого.

Основные достоинства открытых горных работ:

- возможность обеспечения высокого уровня комплексной механизации и автоматизации, что обуславливает более высокую производительность труда и меньшие затраты на добычу;
- более безопасные и комфортные условия труда;
- меньшие удельные капитальные затраты на строительство предприятия;
- возможность более полного извлечения полезного ископаемого.

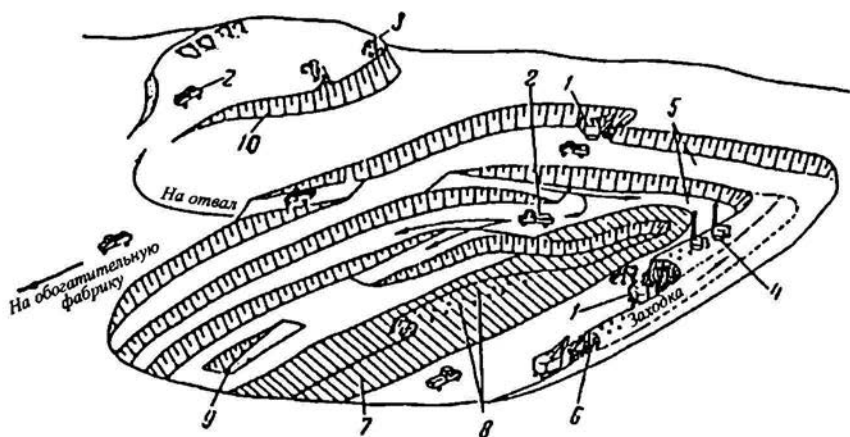


Рис. 1.2. Схема открытой разработки месторождения:

1 — экскаватор; 2 — автосамосвал; 3 — бульдозер; 4 — буровой станок; 5 — рабочие горизонты; 6 — взорванная масса; 7 — залежь полезного ископаемого; 8 — скважины; 9 — въездная траншея; 10 — отвал пустых пород

Основные недостатки: зависимость от климатических условий; необходимость отчуждения значительных площадей земли; нарушения водного баланса недр.

Добычу полезных ископаемых со дна озер, морей, океанов (золото, олово, платина, минералы, содержащие титан, цирконий и др.) осуществляют в основном в пределах континентального шельфа и ложа мирового океана. Добыча осуществляется земснарядами, черпаковыми элеваторами и грейферными грузчиками через водную толщу, а также через горные выработки, проводимые с земной поверхности. Средняя глубина подводной разработки в России 30 м.

Геотехнические способы разработки основаны на бурении скважин с поверхности или из горных выработок, изменении физического или химического состояния полезного ископаемого в недрах и извлечении его по скважинам на поверхность. Перевод твердых полезных ископаемых в транспортабельное состояние осуществляют механическим разрушением, плавлением, растворением, химической и бактериально-химической обработкой. Наиболее распространены: подземная выплавка серы, подземная газификация углей и бактериально-химическое

выщелачивание меди, золота. Объемы применения этих способов пока невелики.

Скважинная добыча широко применяется для извлечения жидких и газообразных полезных ископаемых (нефть и природный газ). Под разработкой нефтяного месторождения понимают осуществление процесса перемещения жидкости и газа в пластах к эксплуатационным скважинам. Управление процессом движения жидкостей и газа достигается размещением на месторождении нефтяных, нагнетательных и контрольных скважин, количеством и порядком ввода их в эксплуатацию, режимом работы скважин и балансом пластовой энергии. Процесс добычи нефти включает: движение нефти по пласту к забою скважины за счет разности давлений в пласте и у скважины; движение нефти от забоя скважины до устья на поверхности; сбор нефти, газа и воды на поверхности и их разделение.

Разработка газового месторождения включает извлечение газов из недр, их сбор и подготовку к транспортированию потребителям. Особенность добычи газа из недр заключается в том, что весь путь газа от пласта до потребителя герметизирован.

1.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ ПОРОДАХ И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Земная кора, или литосфера, — это каменная оболочка Земли толщиной 15—70 км, которая сверху ограничена гидросферой и атмосферой, а снизу — мантией. Поверхность, разграничивающая литосферу и мантию, называется поверхностью Мохоровичича.

Земная кора состоит из горных пород. Их подразделяют на коренные и наносные.

Коренные породы — это породы, залегающие на месте первоначального образования и не подвергавшиеся разрушению. Наносы — это рыхлые осадочные породы, которые образовались в результате разрушения коренных пород. Разрушение коренных пород происходило вследствие выветривания, размыва водой и т.п. Различают физическое, химическое и биологическое выветривание горных пород. Отдельные частицы разру-

шившихся коренных пород остаются на месте либо переносятся водой или ветром на то или иное расстояние. Коренные породы по происхождению делят на изверженные (магматические), осадочные и метаморфические (видоизмененные).

Изверженные породы образовались в результате остывания расплавленной магмы. К изверженным породам относятся гранит, сиенит, диорит, габбро, диабаз, базальт и др.

Осадочные породы образовались в результате накопления осадков, главным образом в водной среде, а также в результате деятельности ледников. К ним относятся уголь, аргиллит, алевролит, песчаник, известняк, глина и др.

Метаморфические породы образовались из магматических или осадочных пород, претерпевших изменение (метаморфизм) в недрах земли под влиянием высокой температуры и давления. Характерными представителями метаморфических пород являются кварциты, мрамор. Верхняя часть земной коры, доступная непосредственному изучению (до глубины 16—20 км), сложена преимущественно изверженными породами (95 %). Метаморфические породы составляют 4 %, осадочные — 1 %.

Горные породы имеют более или менее однородный состав и строение. Они состоят из зерен одного или нескольких минералов или из минералов и обломков других пород.

Минералами называются природные химические соединения (реже самородные элементы), являющиеся естественными продуктами различных физико-химических процессов, протекавших в земной коре или на ее поверхности. Среди минералов различают пороодообразующие минералы. К ним относят силикаты, составляющие не менее 75 % всей земной коры, кварц, оливин, андалузит и др. Из общего количества минералов пороодообразующих насчитывается 50—60.

Горные породы и минералы, которые могут быть использованы в естественном виде или после соответствующей переработки, называются полезными ископаемыми или минеральным сырьем. В природе они встречаются в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Горные породы, вмещающие полезное ископаемое или заключенные в его толще, называют пустыми породами.

Деление горных пород на полезные ископаемые и пустые породы является относительным.

Естественное скопление полезного ископаемого в земной коре, занимающее определенный объем в ней, называется месторождением полезного ископаемого. Месторождения могут быть коренными и россыпными.

Россыпные месторождения образовались в процессе физического выветривания коренных горных пород и химического воздействия на них различных факторов. Россыпные месторождения разделяют на элювиальные (залегают на месте разрушения коренных пород), делювиальные (перемещенные на некоторое расстояние от коренного месторождения и в большинстве случаев являющиеся продолжением элювиальных), аллювиальные (перемещенные на значительные расстояния водными потоками), береговые, ледниковые и эоловые (перенесенные элювиальные россыпи силой ветра).

По добываемому полезному ископаемому различают рудные и нерудные месторождения. Рудой называется естественное минеральное вещество, из которого путем соответствующей переработки извлекаются содержащиеся в нем металлы и полезные минералы.

1.3. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

По залеганию месторождения твердых полезных ископаемых подразделяют на правильные и неправильные.

К правильным месторождениям относятся пласты (рис. 1.3) и пластообразные залежи.

Пластом называется плитообразная залежь, имеющая значительное распространение в земной коре и ограниченная двумя более или менее параллельными плоскостями. Весьма тонкие пласты, не разрабатываемые вследствие малой мощности (до 0,4 м), называются прослойками. Плоскости соприкосновения пластов отдельных пород называются плоскостями напластования.

Породы, залегающие над пластом полезного ископаемого, называются кровлей или висячим боком, залегающие ниже пласта — почвой или лежащим боком.

Рис. 1.3. Строение пластов:

а — простое; *б* — сложное

Пласты могут иметь однородное (простое) и сложное строение. Тонкие слои пустой породы, заключенные в пласте, называются прослойками.

Правильную форму залегания обычно имеют месторождения полезных ископаемых осадочного происхождения (уголь, горючие сланцы, различные соли, гипс, марганцевые руды и т.п.).

Часть пласта, выходящая на земную поверхность или находящаяся неглубоко от нее под наносами, называют выходом пласта. Пласты угля залегают согласно, если они в земной коре расположены параллельно друг другу. Несколько согласно залегающих пластов составляют свиту.

К неправильным месторождениям относятся жилы, штоки, гнезда, линзы (рис. 1.4). Неправильную форму залегания имеют, как правило, рудные месторождения.

Жилой называют заполненную минеральным веществом трещину в земной коре. Жилы бывают простые и сложные. Ответвления от жил называют апофизами.

Такие формы залегания, как штоки, линзы, гнезда, представляют собой полости в земной коре, заполненные минеральным веществом. Они отличаются друг от друга формой и размерами. Такую форму залегания имеют месторождения железных, медных, полиметаллических и других руд.

Пласты горных пород в период образования залегали более или менее горизонтально, но под действием тектонических (горобразовательных) процессов, протекавших в земной коре, первоначальное залегание пород нарушалось в той или иной степени. В некоторых районах пласты оказались собранными в складки. Они могут занимать любое положение в земной коре.

Нарушения нормального залегания пластов называются дислокациями. Дислокации без разрыва сплошности называются пликативными, с разрывом сплошности — дизъюнктивными.

К пликативным нарушениям относятся утолщения и утонения пластов, а также складчатость (рис. 1.5).



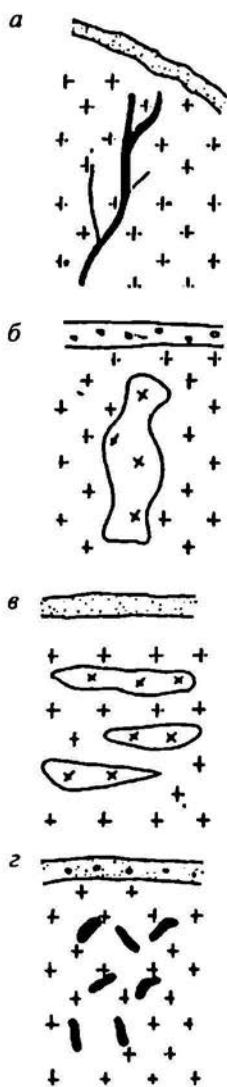


Рис. 1.4. Формы залегания рудных тел:
 а — жила; б — шток; в — линзы; г — гнезда

Складка, обращенная выпуклостью вниз, называется синклиналью, а выпуклостью вверх — антиклиналью.

К дизъюнктивным нарушениям относятся сбросы, взбросы, надвиги и др. (рис. 1.6).

Положение пластов в земной коре определяется элементами их залегания. К ним относятся простираание и падение пластов.

Протяжение пласта в длину называется простираанием. Линия пересечения пласта с горизонтальной плоскостью называется линией простираания (рис. 1.7).

Направление простираания пласта определяется углом, который составляет линия простираания с меридианом.

Линия, лежащая в плоскости пласта перпендикулярно линии простираания, называется линией падения, а само направление этой линии — падением пласта.

Угол, который составляет линия падения пласта с горизонтальной плоскостью, называется углом падения пласта. В зависимости от формы залегания и способа разработки полезных ископаемых пласты делят на горизонтальные, пологие, крутонаклонные и крутые (табл. 1.1).

Различие классификаций объясняется особенностями технологии и механизации разработки залежи полезного ископаемого.

Мощность пласта или иной залежи как элемент залегания представляет собой расстояние по нормали между кровлей и почвой. Такую мощность m называют истинной, или нормальной. Расстояние между кровлей и почвой, измеряемое по горизонтали, называют горизонтальной мощностью m_r , а по вертикали — вертикальной мощностью m_v .

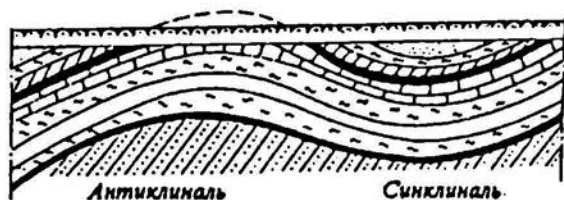


Рис. 1.5. Складчатость месторождения

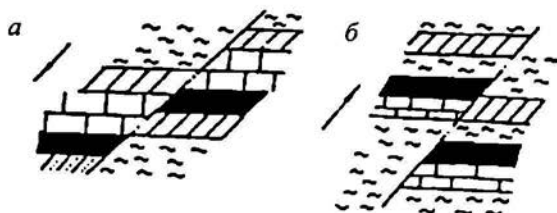


Рис. 1.6. Дизъюнктивные нарушения:

а — сброс; б — взброс



Рис. 1.7. Элементы залегания пласта

Таблица 1.1

Классификация залежей полезных ископаемых по углу падения

Тип пласта (залежи) по углу падения	Угол падения, градус		
	угольных пластов		рудных месторождений
	при подземной разработке	при открытой разработке	
Горизонтальный	0	0	0
Пологий	0—18	До 10	До 25
Наклонный	19—35	10—30	25—45
Крутонаклонный	36—55	—	—
Крутой	> 56	> 30	> 45

**Классификация залежей полезных ископаемых
по мощности**

Тип пласта (залежи) по мощности	Мощность, м			
	угольных пластов			рудных месторожде- ний
	при подземной разработке	при открытой разработке		
		горизон- тальных и пологих	наклонных и крутых	
Весьма тонкий	До 0,7	—	—	До 0,6
Весьма малой мощности	—	До 3—5	До 15—25	—
Тонкий	0,71—1,2	—	—	0,6—2
Малой мощности	—	6-20	25—75	—
Средней мощности	1,21—3,5	20—40	75—100	2—5
Мощный	> 3,5	—	—	5—20
Весьма мощный	—	—	—	> 20
Большой мощности	—	> 40	> 100	—

Поскольку в пределах залежи полезного ископаемого мощность ее, как правило, изменяется, поэтому на практике употребляют термин средняя мощность. Так как пласты, например угля, нередко имеют сложное строение, то различают полезную (без прослоек) и полную (с прослойками) мощность. При разработке угольных месторождений иногда вынимают только часть мощности пласта, которую называют вынимаемой мощностью. Различают также минимальную мощность пласта. Минимальная мощность, при которой разработка пласта целесообразна, называется рабочей мощностью.

Классификация угольных пластов и рудных залежей по нормальной мощности представлена в табл. 1.2. Различие классификаций также обусловлено особенностями технологии и способа разработки.

Элементы залегания пластовых месторождений являются более или менее выдержанными. Для рудных тел они изменяются, как правило, в широких пределах.

1.4. ЗАПАСЫ И ПОТЕРИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ИХ РАЗРАБОТКЕ

Количество полезного ископаемого, заключенное в недрах, называется запасами (т, м³).

Общие запасы месторождения или его части называются геологическими. По значению в народном хозяйстве они подразделяются на балансовые и забалансовые. Следовательно,

$$Z_{\text{геол}} = Z_{\text{бал}} + Z_{\text{заб}}.$$

Балансовые запасы — разведанные и изученные запасы, добыча которых экономически целесообразна.

Забалансовые запасы — разведанные и изученные запасы, использование которых экономически нецелесообразно при современном уровне техники и технологии добычи (малое количество, малая мощность, высокая зольность, сложность залегания и пр.).

Балансовые запасы подразделяются на промышленные и потери, т.е.

$$Z_{\text{бал}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{п}}.$$

Промышленные запасы — часть балансовых запасов, подлежащая извлечению и выдаче на поверхность. Отношение промышленных запасов к балансовым называют коэффициентом извлечения C . Следовательно,

$$C = \frac{Z_{\text{пр}}}{Z_{\text{бал}}}.$$

Потери — часть балансовых запасов, остающаяся в недрах при их разработке. Отношение потерь к балансовым запасам называют коэффициентом потерь $K_{\text{п}}$, т.е.

$$K_{\text{п}} = \frac{Z_{\text{п}}}{Z_{\text{бал}}}.$$

Вполне очевидно, что $C + K_{\text{п}} = 1$.

Избежать потерь полезного ископаемого при разработке практически невозможно. Их величина зависит от экономических, геологических и технических факторов. Основными из них являются: мощность и угол падения, наличие охраняемых объектов на поверхности месторождения, сложность залегания, применяемая техника и технология добычи и др.

Фактический уровень потерь для различных месторождений колеблется в широких пределах. Например, на угольных месторождениях с пологими и наклонными пластами средней мощности потери достигают 10—15 %, с мощными крутонаклонными и крутыми — 25—30 % и более.

1.5. ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Полезное ископаемое может быть использовано, когда оно отделено от массива и доставлено на поверхность. Работы, которые производят при выемке полезного ископаемого или при подготовке к его выемке, называют горными работами.

В результате горных работ в толще полезного ископаемого или пустых пород образуются полости, называемые горными выработками.

Горные выработки по назначению подразделяют на разведочные и эксплуатационные. Первые служат для целей разведки залежи полезного ископаемого, вторые — для его разработки.

Разработка месторождений полезного ископаемого складывается из трех этапов: вскрытие, подготовка и очистная выемка. В связи с этим эксплуатационные горные выработки подразделяют на капитальные, подготовительные и очистные.

К капитальным относят выработки, по которым осуществляется доступ к месторождению или его части. Это вскрывающие выработки.

Подготовительные выработки проводят от капитальных.

Они служат для подготовки части залежи полезного ископаемого к очистной выемке.

После проведения подготовительных выработок приступают к очистным работам, в результате которых образуются очистные выработки.

По месту проведения горные выработки подразделяют на открытые и подземные. Открытые выработки проводят на поверхности земли, подземные — внутри массива горных пород.

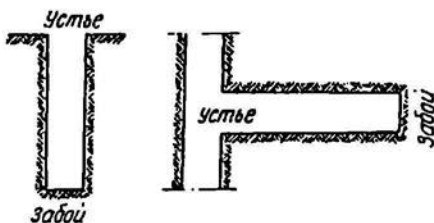


Рис. 1.8. Забой и устье выработки

По положению в земной коре подземные выработки могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными. Они могут иметь непосредственный выход на земную поверхность или не иметь его (рис. 1.8).

Начало выработки, выходящей на земную поверхность или в другую выработку, называют устьем.

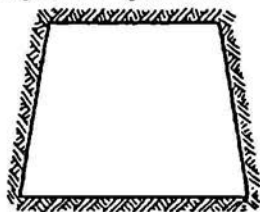


Рис. 1.9. Поперечное сечение горной выработки

Поверхность, ограничивающая горную выработку и перемещающаяся в результате ведения горных работ, называется забом. Забой, в котором систематически производят горные работы, называется действующим.

Поверхности, ограничивающие выработки с боков, называют боками выработки. Поверхность, ограничивающая выработку сверху, называется кровлей, снизу — почвой (рис. 1.9).

Совокупность горных выработок и технических сооружений, размещенных по определенному плану и оборудованных для добычания угля подземным способом, называется шахтой, а при добычании руды — рудником.

В административно-хозяйственном отношении под шахтой (рудником) понимается самостоятельная единица горного предприятия, имеющая целью добычание полезного ископаемого в пределах отведенной для нее части месторождения.

1.5.1. Вертикальные выработки

Вертикальные горные выработки могут иметь непосредственный выход на земную поверхность или не иметь его. К вертикальным выработкам относятся стволы, гезенки, шурфы (см. рис. 1.1, 1.10).

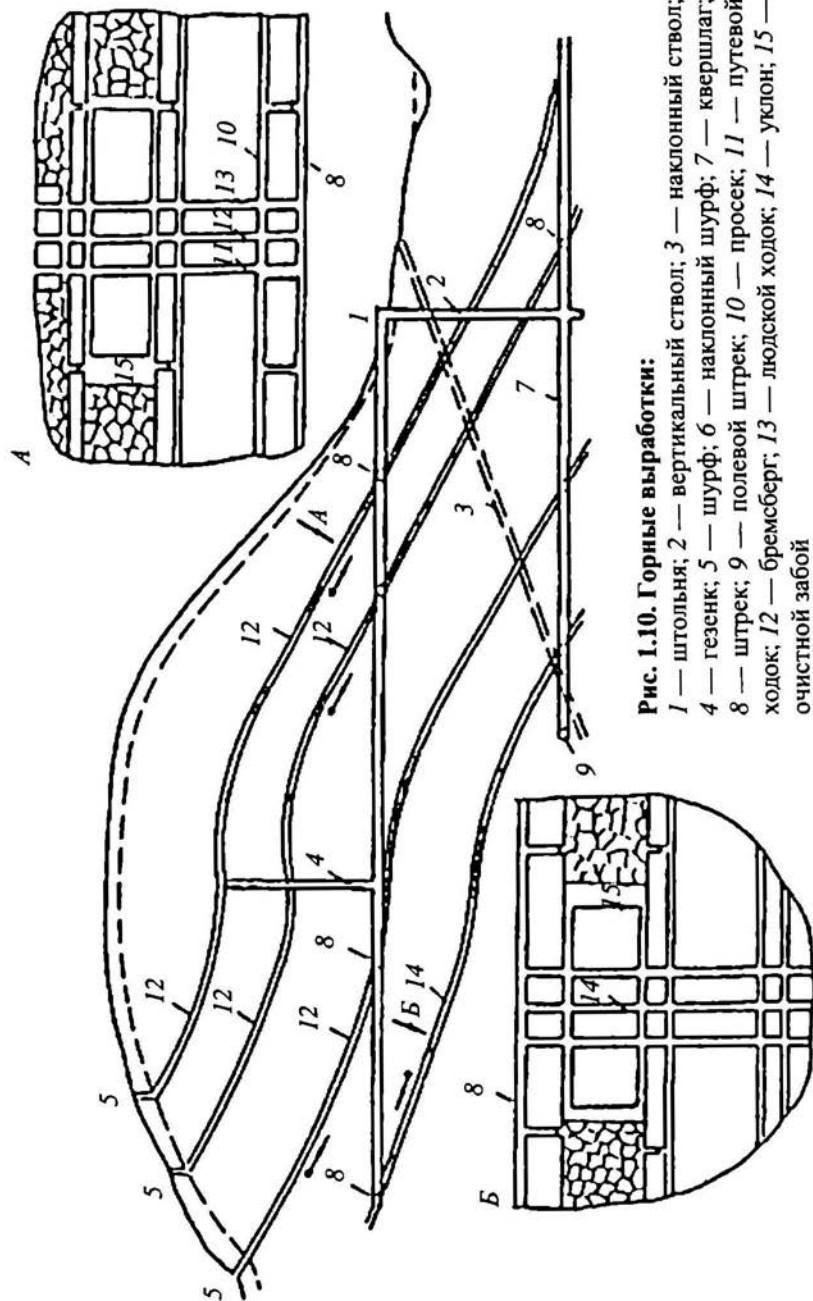


Рис. 1.10. Горные выработки:

1 — штольня; 2 — вертикальный ствол; 3 — наклонный ствол; 4 — гезенк; 5 — шурф; 6 — наклонный шурф; 7 — квершлаг; 8 — штрек; 9 — полевой ходок; 10 — просек; 11 — путевой ходок; 12 — бремсберг; 13 — людской ходок; 14 — уклон; 15 — очистной забой

Вертикальный ствол — вертикальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и проводимая с целью вскрытия месторождения полезного ископаемого.

Стволы делятся на главные и вспомогательные.

Главный ствол (см. рис. 1.1, 1) предназначен для выдачи полезного ископаемого, вспомогательный (см. рис. 1.1, 2) для спуска-подъема людей, материалов, оборудования, проветривания и других вспомогательных целей.

Нижняя часть ствола ниже уровня околоствольного двора называется зумпфом. Он предназначен для размещения подъемного сосуда (скипа или многоэтажной клетки) в момент загрузки.

Вертикальные стволы имеют круглую, прямоугольную или эллиптическую форму поперечного сечения.

Слепой ствол — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для подъема груза с нижележащего горизонта на вышележащий с помощью подъемных установок. Слепые стволы служат для вскрытия отдельных частей месторождений из подземных выработок.

Гезенк (рис. 1.10, 4) — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для спуска грузов с вышележащего горизонта на нижележащий под действием собственного веса.

Шурф (рис. 1.1, 12) — вертикальная горная выработка, обычно малого сечения и небольшой глубины, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и служащая для различных целей: разведки, размещения взрывчатых веществ при массовых взрывах, а при эксплуатации — для проветривания, спуска материалов и т.п.

1.5.2. Горизонтальные выработки

К горизонтальным горным выработкам относятся штольни, квершлагги, штреки, просеки, орты и др. Горизонтальные выработки имеют наклон не более 3° с целью обеспечения самотека воды.

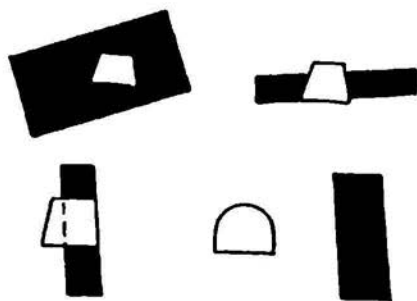


Рис. 1.11. Расположение штреков относительно угольного пласта

Штольня (рис. 1.10, 1) — горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для разведки или вскрытия месторождения полезного ископаемого.

Тоннель — выработка, имеющая выход на поверхность с двух концов. Это сквозная выработка, служащая для транспортных целей.

Квершлаг (рис. 1.1, 5) — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая вкрест простирания горных пород.

Штрек (рис. 1.1, 4) — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по простиранию горных пород при наклонном залегании, а при горизонтальном — в любом направлении.

Штреки бывают главные, откаточные, вентиляционные, промежуточные, конвейерные и пр. Штреки, проведенные по пустым породам, называются полевыми (рис. 1.11).

Просек (рис. 1.1, 5) — горизонтальная горная выработка, проводимая параллельно штреку обычно без подрывки боковых пород, предназначенная для осуществления нарезных работ или проветривания штреков в период их проходки. На тонких пластах осуществляют присечку боковых пород.

Орт — горизонтальная горная выработка, проводимая в мощных пластах или рудных залежах в пределах их горизонтальной мощности.

Сбойка — горизонтальная выработка, проводимая между расположенными рядом наклонными выработками.

Форма поперечного сечения горизонтальных выработок может быть различной — прямоугольной, трапециевидной, косягольной, сводчатой, круглой и пр.

1.5.3. Наклонные выработки

Наклонные горные выработки могут иметь выход на земную поверхность или быть без него. К наклонным горным выработкам, имеющим непосредственный выход на земную поверхность, относятся наклонные шурфы, стволы, штольни. Они имеют то же назначение и те же основные признаки, что и одноименные вертикальные или горизонтальные выработки, отличаясь от них лишь положением в горном массиве.

К наклонным выработкам, не имеющим непосредственного выхода на земную поверхность, относятся бремсберги, уклоны, скаты, ходки, печи.

Бремсберг (см. рис. 1.1, 6) — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для спуска полезного ископаемого с вышележащего горизонта на нижележащий при помощи механических устройств.

Уклон (см. рис. 1.1, 7) — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, служащая для подъема полезного ископаемого с нижних горизонтов на верхний с помощью механических устройств.

Скат — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, служащая для спуска полезного ископаемого под действием собственного веса.

Ходок (см. рис. 1.1, 8, 9) — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, предназначенная для различных целей (передвижения людей, доставки материалов и оборудования, вентиляции и пр.). Ходки проводят параллельно названным выше наклонным выработкам. Они оборудуются соответствующими транспортными средствами.

Печь — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по пласту полезного ископаемого в пределах его мощности. По печам осуществляется передвижение людей, транспортирование угля, материалов и т. д. Печь, в которой начинается развитие работ по выемке угля, называется разрезной.