



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

А.П. Гнедых
П.В. Волков
А.М. Мажитов

ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2018

УДК 622.272 (075)
ББК 33.21я7

Рецензенты:

кандидат технических наук,
директор ООО «УралГеоПроект»
А.А. Гоготин

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой геологии, маркшейдерского дела
и обогащения полезных ископаемых,
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»
И.А. Гришин

Гнедых А.П., Волков П.В., Мажитов А.М.

Основы подземной разработки месторождений полезных ископаемых
[Электронный ресурс] : учебное пособие / Анатолий Петрович Гнедых, Павел Владимирович Волков, Артур Маратович Мажитов ; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (3,01 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9967-1156-7

Пособие составлено в соответствии с типовой программой дисциплины «Основы подземной разработки месторождений полезных ископаемых». Содержит краткое изложение технологии строительства горизонтальных выработок: «Общие сведения по геологии и разведке месторождений», «Подземные горные выработки», «Сооружения подземных горных выработок», «Вскрытие и подготовка месторождений», «Основные производственные процессы», «Системы разработки», «Технологический комплекс поверхности».

Пособие предназначено для студентов направлений подготовки 250104 «Горное дело (подземная разработка рудных месторождений)».

УДК 622.272 (075)
ББК 33.21я7

ISBN 978-5-9967-1156-7

© Гнедых А.П., Волков П.В., Мажитов А.М., 2018
© ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова», 2018

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ И РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	5
1.1 Горные породы и полезные ископаемые	5
1.2 Формы залегания месторождений	5
1.3 Основные физико-механические свойства горных пород	6
1.4 Поиск и разведка месторождений	12
1.5 Классификация запасов по степени их разведанности и пригодности к использованию в промышленности	14
1.6 Элементы залегания месторождений	16
1.7 Графическое изображение месторождений	18
1.8 Подсчет запасов месторождения	19
1.9 Сдвижение горных пород в результате выемки полезного ископаемого	20
1.10 Потери и разубоживание руды	24
2. ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ	26
2.1 Основные понятия	26
2.2 Вертикальные горные выработки и формы их поперечного сечения	26
2.3 Горизонтальные горные выработки и формы их поперечного сечения	28
2.4 Наклонные горные выработки	30
2.5 Элементы подземных горных выработок	31
2.6 Выработки околоствольного двора	31
3. СООРУЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	32
4. ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ	34
4.1 Основные понятия	34
4.2 Простые способы (схемы) вскрытия	34
4.3 Комбинированные способы вскрытия	37
4.4 Выбор способа вскрытия месторождения	39
4.5 Деление шахтного поля на этажи, панели, горизонты, блоки	43
5. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ	45
5.1 Отбойка руды	45
5.2 Выпуск и доставка рудной массы	46
5.3 Управление горным давлением	47
6. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	48
6.1 Основные понятия и требования к системам разработки	48
6.2 Системы разработки с естественным поддержанием очистного пространства. Системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород	53
6.3 Системы разработки с искусственным поддержанием очистного пространства	55
7. ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ	57
7.1 Подземный транспорт	57
7.2 Подъем руды и породы. Спуск-подъем людей, материалов, оборудования	57
7.3 Вентиляция, водоотлив и энергоснабжение	58
8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОВЕРХНОСТИ РУДНИКА	62
9. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	67

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «Основы горного дела (подземная геотехнология)» является важным элементом подготовки студентов и имеет целью закрепление и углубление теоретических знаний, развитие навыков самостоятельного решения задач, связанных с проектированием и практической реализацией технологических процессов при отработке месторождений.

Пособие составлено в соответствии с типовой программой дисциплины «Проведение и крепление горных выработок» и предназначено для студентов направлений подготовки 250104 «Горное дело (подземная разработка рудных месторождений)».

Пособие содержит краткое изложение технологии разработки месторождений подземным способом: «Общие сведения по геологии и разведке месторождений», «Подземные горные выработки», «Сооружения подземных горных выработок», «Вскрытие и подготовка месторождений», «Основные производственные процессы», «Системы разработки», «Процессы обеспечения очистных работ», «Технологический комплекс поверхности», «Охрана труда и техника безопасности». В каждом разделе приводятся теоретический материал и необходимые иллюстрации. Технические материалы, представленные в пособии, согласованы с требованиями ФНиП в области промышленной безопасности «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ И РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1 Горные породы и полезные ископаемые

Полезное ископаемое (ПИ) – природные минеральные вещества, которые могут быть использованы с достаточным экономическим эффектом.

Если ПИ по своему физическому состоянию является твердым телом и предполагается его дальнейшая переработка для извлечения полезных компонентов, то его называют **рудой**. Если переработка не предусмотрена, то ПИ называют **нерудным**.

Руды подразделяют на:

- 1) металлические и неметаллические. Металлические разделяют на руды черных, цветных и редких металлов.
- 2) простые (монометаллические) и сложные (полиметаллические)

Месторождение ПИ – природное или техногенное скопление ПИ в земной коре или на земной поверхности, разработка которых экономична.

1.2 Формы залегания месторождений

По форме залегания месторождения полезных ископаемых разделяются на правильные и неправильные. Твердые ПИ осадочного происхождения среди пустых пород залегают в виде пластов или пластообразных залежей. Формы залегания месторождений представлены на рисунке 1.1.

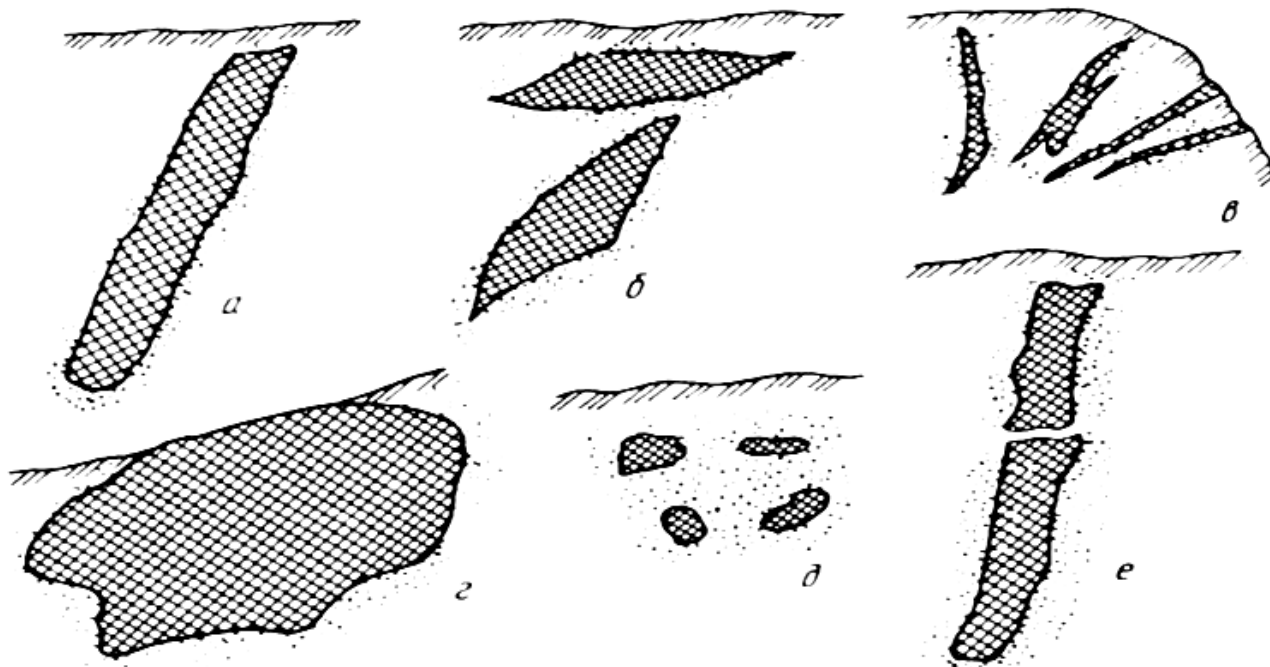


Рис. 1.1. Формы залегания месторождений

Пластовые – имеют осадочное происхождение, сравнительно однородную структуру и состав ПИ, отличаются значительной площадью и небольшой, по-

стоянной выдержанной мощностью. Толщина незначительна по сравнению с его длиной и шириной и ограничена двумя параллельными плоскостями (к ним относятся марганцевые руды Чиатурского и Никопольского месторождений, калийные соли в районе Солигорска в Белоруссии, золотосодержащие россыпи Якутии и Дальнего Востока, гипсовое месторождение в Новомосковске) и многие другие;

Пластообразные - отличающиеся от пластов менее выдержанной формой при сравнительно плавном изменении мощности и угла падения; залегают обычно согласно вмещающими породами (примерами являются железорудные залежи Криворожского бассейна и медистые песчаники Джезказгана);

Линзообразные – массивные залежи, в сечении напоминающие линзы со значительными размерами по центру и выклиниванием к границе залежи (из таких рудных тел состоят многие Уральские медноколчеданные месторождения, полиметаллические месторождения Рудного Алтая, Восточного Казахстана, и ряд других);

Жильные – образованные в результате заполнения минеральным веществом трещин земной коры, главным образом, благодаря гидротермальным процессам и пневматолиту; мощность жил меняется от нескольких сантиметров до 5 м; элементы залегания обычно непостоянны; нередко жилы нарушены сбросами и имеют многочисленные ответвления и параллельные прожилки (золотосодержащие жилы разрабатываются в Якутии, Магаданской области и на Урале, полиметаллические – на Северном Кавказе);

Штокообразные – оруденелые массивы пород неправильной формы и очень больших размеров, примерно одинаковых по всем направлениям (примером штока является Коунрадское медное месторождение);

Гнездообразные – скопление оруденений небольших размеров (рудные гнезда составляют Хайдарканское ртутное месторождение);

Трубки – прорывы земной коры расплавленной магмой, с которой связана последующая рудная минерализация (кимберлитовые месторождения Якутии, ЮАР, Австралии и Канады).

1.3 Основные физико-механические свойства горных пород

В процессе отработки месторождений горные породы (ГП) подвергаются: удару, сжатию, разрыву, нагреву, охлаждению, растворению.

Для обоснованного выбора технологии и технических средств ведения горных работ необходимо знать свойства и параметры разрабатываемых ГП.

По своему строению ГП подразделяют на **связные, сыпучие, плывуны**.

В **связных породах** минеральные частицы соединяются между собой силами внутреннего сцепления.

Сыпучие породы состоят из отдельных зерен, которые могут обладать высокой прочностью, но не иметь связи между собой. Некоторые сыпучие породы при насыщении их водой приобретают свойства текучести, образуя плывуны.

Величина сил сцепления между частицами породы определяет **устойчивость горных пород**, которая имеет большое значение при ведении горных работ подземным способом.

Устойчивость – способность ГП сохранять равновесие (необрушаться) при их обнажении.

Обнажение – создание в массиве ГП свободной (открытой) поверхности в результате отделения части ГП от массива.

Устойчивость горных пород снижается при образовании в них трещин в результате давления при взрывных работах.

По степени устойчивости руды и вмещающие породы подразделяются на 5 групп:

1. **весьма неустойчивые** – не допускают обнажений кровли и боков выработки без крепления, часто требуется опережающая крепь (сыпучие, рыхлые или плывунные породы);

2. **неустойчивые** — допускают небольшие по площади (несколько м² с пролетом не более 3 м) обнажения кровли и боков выработки и требуют прочного поддержания непосредственно за выемкой;

3. **средней устойчивости** — допускают обнажение на относительно большой площади (несколько 10 м²) без поддержания вслед за выемкой. Необходимость поддержания этих пород возникает не сразу, а со временем;

4. **устойчивые** — допускают значительные обнажения (до 100 м²) и требуют крепления лишь в отдельных местах (песчаники, слабые сланцы);

5. **весьма устойчивые** — допускают весьма большие площади (более 100 м²) и пролеты (более 10 м) обнажения и не требуют поддержания в течение нескольких лет (кварцит, базальт, гранит).

Состояние и свойства ГП определяют способ проведения горных выработок, влияют на выбор типа крепи и на технологию очистных работ. В крепких породах применяют буро - взрывной способ проведения выработок, в слабых – механический способ с использованием специального оборудования.

К **основным физико-механическим свойствам ГП** относят:

1. **Плотность породы (ρ_o)** – отношение массы ГП к ее объему (кг/м³, т/м³). Различают действительную (без учета пор и трещин) и кажущуюся (с учетом пор и трещин) плотность. Кажущуюся плотность определяют для сухих ГП (высушенных до температуры 105-110 градусов) и для пород с естественной влажностью. Понятием *плотность породы* пользуются при оценке количества породы или добытого ПИ.

Плотность:

- а) каменных углей 1300-1500 кг/м³;
- б) песчаников, известняков 2500-2800 кг/м³;
- в) руды с содержанием Me – 2800-5000 кг/м³;

По плотности породы подразделяют на:

- тяжелые – более 3500 кг/м³;
- средние – 2500-3500 кг/м³;
- легкие – до 2500 кг/м³.

2. *Объемная масса (ρ)* - масса ГП в естественном состоянии в единице объема (кг/м^3 , т/м^3).

Объемная масса ГП:

- а) каменных углей 1300-1400 кг/м^3 ;
- б) глины, суглинки 1700-2300 кг/м^3 .

Понятия плотность и объемная масса ГП пользуются при оценке количества породы или добытого ПИ.

3. *Удельный вес ГП (γ_o)* - вес единицы объема породы (твердых частиц), Н/м^3 ;

$$\gamma_o = q^* \rho_o,$$

где q – ускорение свободного падения, м/с^2 .

4. *Объемный вес ГП (γ)* – вес единицы объема ГП в естественном состоянии Н/м^3

$$\gamma_o = q^* \rho$$

Понятиями γ_o, γ породы пользуются при оценке горного давления и нагрузки на крепь выработки.

5. *Насыпная объемная масса ГП (ρ_n)* – масса разрыхленной породы в единице объема (кг/м^3 , т/м^3).

$$\rho_n = \rho / \kappa_p,$$

где κ_p – коэффициент разрыхления породы.

$$\kappa_p = V_B / V_M,$$

где V_B / V_M - объемы породы вынудой и в массиве, м^3 .

Таким образом, κ_p характеризует увеличение объема породы при разрушении и принимается для:

- каменного угля 1,2-1,4;
- песчаников и аргелитов 1,4-2,1;
- магматических и метаморфических пород 1,7-2,3.

6. *Прочность* – это свойство ГП не разрушаясь воспринимать внешние силовые воздействия. Характеризуется прочностью **пределом прочности** – условное напряжение, отвечающее наибольшей нагрузке, предшествовавшей разрушению образца ГП. Зависит от минералогического состава, структуры, пористости и степени выветрелости породы.

На практике применяют: предел прочности при одноосном сжатии, при растяжении, при сдвиге (скалывании, срезе).

Предел прочности при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ - условное напряжение при сжатии образца. Определяется по ГОСТу путем раздавливания образца на прессе и изменяется в широких пределах. Разница в показателях наблюдается у пород одного и того же наименования, но находящихся в различных условиях залегания (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Предел прочности горных пород на одноосное сжатие

Порода	$\sigma_{сж}$, МПа
Кварцит	145-295
Гранит	120-195
Базальт	100-280
Порфирит	50-255
Диорит крымский	75-125
Глинистый сланец	15-65
Песчаник и известняк	35-98
Каменная соль	20-40
Гипс	15-30

$$1 \text{ МПа} = 10 \text{ кг/см}^2$$

Предел прочности при растяжении (разрыве, отрыве) σ_p – условное напряжение при растяжении образца горных пород, зависит от многих факторов и изменяется в широких пределах. ГП значительно хуже сопротивляются растяжению, чем сжатию. Так величина σ_{pu} пород в долях от $\sigma_{сж}$ часто составляют всего 0,04-0,2.

Предел прочности при сдвиге (скалывании, срезе) τ – касательное напряжение, вычисленное как частное от деления наибольшей силы, перерезывающей образец при испытаниях, на площадь, при которой происходило его перерезывание. Зависит от многих факторов и изменяется в широких пределах.

Таблица 1.2

Предел прочности горных пород при сдвиге

Порода	τ , МПа
Алеврит	12
Песчаник:	
среднезернистый	40
крупнозернистый	42
мелкозернистый	57

При решении вопросов выбора оборудования для бурения ГП, для выбора взрывчатого вещества, для выбора средств механизации, погрузки, транспорта пользуются **коэффициентом крепости пород**.

Коэффициент крепости ГП (f) – величина, приближенно характеризующая относительную сопротивляемость ГП разрушению при бурении, отбойке, взрывании.

Для практических и научных целей горные породы необходимо было сгруппировать по одному признаку. Широкое распространение получила клас-

сификация ГП по крепости, разработанная профессором М.М. Протодьяконовым (табл. 1.3). В этой классификации ГП разделены на 10 категорий.

Коэффициент крепости ГП по классификации проф. М.М. Протодьяконова определяется как частное от деления величины предела прочности ГП на одноосное сжатие на 10.

$$f = \sigma_{сж}/10$$

То есть за единицу крепости принято временное сопротивление сжатию, равное 10 МПа.

По крепости ГП условно разделяют на:

- а) мягкие f менее 4;
- б) средней крепости $f = 4-9$;
- в) крепкие $f = 9-15$;
- г) весьма крепкие f более 15.

Таблица 1.3

Коэффициент крепости горных пород

Категория крепости породы	Степень крепости породы	Породы	Коэффициент крепости породы f
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты, базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир; очень крепкий гранит; кремнистый сланец; менее крепкие, чем указанные выше, кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	—«—	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	—«—	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк; мягкий конгломерат	4
Va	—«—	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3

VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт	2
VIa	—«—	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь, крепкий нанос, глинистый грунт	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь, крепкий нанос, глинистый грунт	1,0
VIIa	—«—	Легкая песчанистая глина, лёсс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лёсс и другие разжиженные грунты	0,3

Существуют и другие классификации ГП – по буримости, взрываемости и др.

Буримость ГП – способность породы сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента, или скорость (мм/мин) образования в породе шпура (скважины) под действием усилий, возникающих при бурении.

Угол естественного откоса – наибольший угол, который может быть образован откосом свободно насыпанной горной породы с горизонтальной плоскостью. Зависит от крупности ГП, от влажности, от формы частиц ГП, шероховатости поверхности частиц, плотности.

Песок средней крупности, сухой – 25 градусов;

Влажный – 35 градусов;

Мокрый – 28-30 градусов.

Абразивность ГП – способность ГП изнашивать контактирующие с ней поверхности горных машин или горного оборудования в процессе их работы.

Различают следующие виды абразивности:

а) в массиве;

в) в раздробленном состоянии

Составляющие абразивности – абразивность трения и ударная абразивность.

Упругость – свойство ГП возвращаться к первоначальной форме и размерам после устранения воздействия внешних сил.

Хрупкость – способность горных пород разрушаться без пластических деформаций.

Пористость ГП – суммарный относительный объем пор, содержащийся в горной породе.

Средняя пористость ГП составляет от 0,2-3%; известняков, песчаников, аргиллитов, каменного угля – 5-15%. В зависимости от пористости ГП имеют различное водопоглощение, водопроницаемость, газопроницаемость, прочность.

Влажность ГП – степень насыщенности пор, трещин и других содержащихся в ней пустот водой. Определяется по разности массы образца в естественном состоянии и массы этого же образца высушенного при температуре 100-110 градусов. Выражается в %.

В природных условиях влажность магматических пород не превышает 2%, каменных углей и осадочных пород – 6%.

Набухание – способность породы к увеличению объема при поглощении воды. Выражается в %. Проявляется у глинистых пород, набухание составляет до 15%.

1.4 Поиск и разведка месторождений

Геологоразведочные работы по степени детальности полноты изучения разделяются на 3 стадии:

1. поиск;
2. предварительная разведка;
3. детальная разведка.

Поисковые работы

Задача поисковых работ заключается в поиске месторождения или признаков, указывающих на возможность нахождения месторождения. По результатам поисково-оценочных работ дается оценка возможного промышленного значения выявленного месторождения (отбраковываются проявления ПИ, не имеющих такого значения). Если месторождение найдено, то последующей целью поисковых работ является установление приблизительных размеров, формы залегания, состава ПИ.

При этом помимо полевых исследований применяются *геофизические методы поисковых работ*, основанные на отличии физических свойств ГП и ПИ.

К *геофизическим методам* относят: **электроразведку, магниторазведку, гравиразведку, сейсморазведку, радиометрическая разведку.**

Электроразведка (ЭР) - геофизический метод разведки, основанный на изучении естественных или искусственно возбуждаемых электрических и электромагнитных полей в земной коре. Физической основой ЭР является различие горных пород по их удельному электрическому сопротивлению, диэлектрической проницаемости, магнитной восприимчивости и другим электромагнитным свойствам. Существует несколько методов ЭР, отличающихся друг от друга по роду используемого электрического тока и технике проведения полевых работ.

Методы ЭР, основаны на использовании:

- естественного электрического поля, заряда, изолиний, сопротивления (электро- профилирование, электрозондирование) и др. — методы постоянного тока;
- теллурических токов, интенсивности, частотного электромагнитного зондирования и др. — низкочастотные методы переменного тока;
- индукции, аэроэлектроразведки и др. — среднечастотные методы переменного тока;
- радиоволнового просвечивания, радио- кип и др. — высокочастотные методы переменного тока;
- вызванной поляризации, переходных процессов, становления поля и др. - методы, использующие нестационарные поля.

Магниторазведка — метод разведки, основанный на изучении магнитного поля Земли. Основными измеряемыми параметрами магнитного поля Земли являются полный вектор напряженности и его составляющие по оси координат. Является самым малоглубинным методом геофизики, поэтому не позволяет получить большой объем информации от месторождений, залегающих слишком глубоко. Однако для магнитных материалов, расположенных на небольшой глубине она может дать значительно больше информации, чем любой другой метод.

Сейсморазведка — ведущий метод геофизических исследований земной коры, основанный на изучении распространения в горных породах искусственно возбуждаемых упругих волн сейсмического диапазона частот и анализе взаимосвязей между физическими свойствами геологической среды и характеристиками возникающего в ней поля упругих волн. В сейсморазведке используют продольные, поперечные и обменные волны. За фронтом продольной сейсмической волны (Р-волны) колебания частиц среды происходят в направлении распространения волны. За фронтом поперечной сейсмической волны (S-волны) колебания частиц среды происходят в направлении, перпендикулярном к направлению ее распространения. Обменная сейсмическая волна одну часть пути в геологической среде проходит как продольная, другую — как поперечная.

Гравиразведка - метод геофизической разведки, основанный на изучении гравитационного поля Земли, в котором ускорение свободного падения определяется параметрами как Земли в целом, так и скоплений горных пород аномальной плотности непосредственно в точке наблюдения. В ходе измерений определяют абсолютное значение силы тяжести в конкретном гравиметрическом пункте и разность значений силы тяжести между двумя гравиметрическими пунктами.

Радиометрическая разведка – метод ядерно-геофизической разведки, основанный на измерении интенсивности и спектрального состава излучения естественных радионуклидов, содержащихся в ГП.

Предварительная разведка

Основная цель – выяснить форму залегания месторождения, его площадь, глубину, элементы залегания. Также определяется характеристика ГП, вмещающих месторождение и характеристика самого ПИ. Осуществляется предварительная разведка в основном в бурении разведочных скважин по определенной сетке или проведением разведочных выработок - каналов, шурфов, штолен.

Детальная разведка

Основная цель – установить окончательные запасы ПИ, которые передаются в государственный комитет по запасам (ГКЗ). В её задачи входит: определение распределения запасов по отдельным участкам, указание изменение элементов залегания – угла залегания и мощности месторождения. Производится детальное опробование ПИ и выделение типа и сорта руд месторождения. Устанавливаются горнотехнические параметры эксплуатации месторождения. Осуществляется детальная разведка путем проведения разведочных горных выработок и бурением разведочных скважин по сгущенной сетке. Существует такой вид разведочных работ – *эксплуатационная разведка*, которая проводится в период работы предприятия по отдельным участкам и осуществляется геологической службой.

1.5 Классификация запасов по степени их разведанности и пригодности к использованию в промышленности

Запасы месторождения – это объем или количество ПИ, находящегося в данном месторождении (m^3 или т).

По степени разведанности и изученности месторождения запасы делят на 3 категории:

- 1) А;
- 2) Б;
- 3) С – С1 и С2.

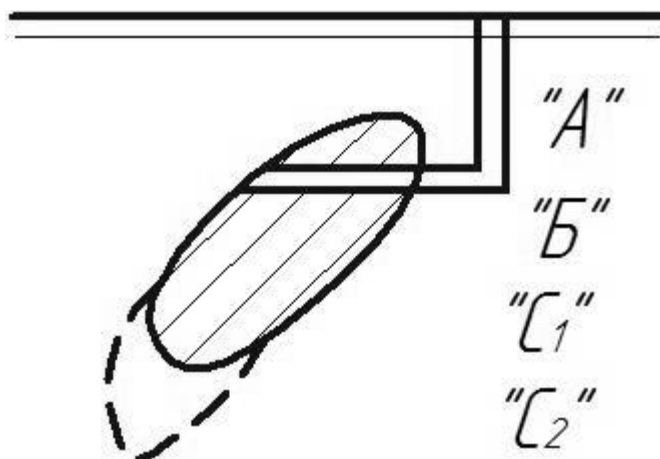


Рис. 1.2. Запасы месторождений

«А» – запасы хорошо разведанные и изученные. По запасам А определяются в способе проектирования и строительстве горного предприятия. В этих запасах полностью установлены условия залегания, форма рудных тел, тип руд, содержание ПК. Также установлены участки на месторождения, на которых отсутствуют ПК (безрудные). Контуры запасов категории «А» определены скважинами и выработками.

«Б» - запасы менее разведаны и изучены. Они частично оконтурены разведочными выработками без точного указания безрудных или некондиционных участков.

«С1» - эти запасы устанавливаются на основе геофизических методов разведки, которые устанавливают общие черты условий залегания, формы и строения. Запасы категории «С1» могут служить обоснованием для проведения предварительной или детальной разведки, а также учитываются при составлении проектных планов предприятий.

«С2» - запасы, установленные на основе геологического прогноза и служащие в основном для планирования дальнейших геологоразведочных работ.

Деление запасов месторождения по их народно-хозяйственному значению

Все запасы ПИ в пределах месторождения называются *геологическими запасами* (Q_G).

Геологические запасы разделяются на 2 группы и подсчитываются отдельно:

- **Балансовые (Q_6)** – использование данного вида запасов экономически целесообразно, т.к. они удовлетворяют установленным кондициям по процентному содержанию, по мощности и т.д.

- **Забалансовые (некондиционные) ($Q_{\text{неконд}}$)** – не отвечают установленным кондициям из-за малого количества, малой мощности залежей, низкого содержания ПК, труднообогатимости и т.д.

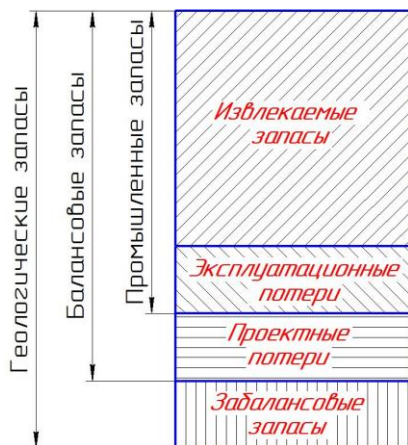


Рис. 1.3. Деление запасов месторождения по их народно-хозяйственному значению

В будущем забалансовые запасы могут перейти в категорию балансовых вследствие совершенствования техники, технологии добычи.

$$Q_6 = Q_7 - Q_{\text{неконд}}$$

При составлении проектной документации на разработку месторождения учитывается, что часть балансовых запасов может остаться в предохранительных и охранных целиках и не предусматривается их последующее извлечение.

Запасы в охранных целиках шахтных стволов, транспортных магистралей, рек, озер и других объектов подсчитываются отдельно и называются **проектными потерями** (рис. 1.4).

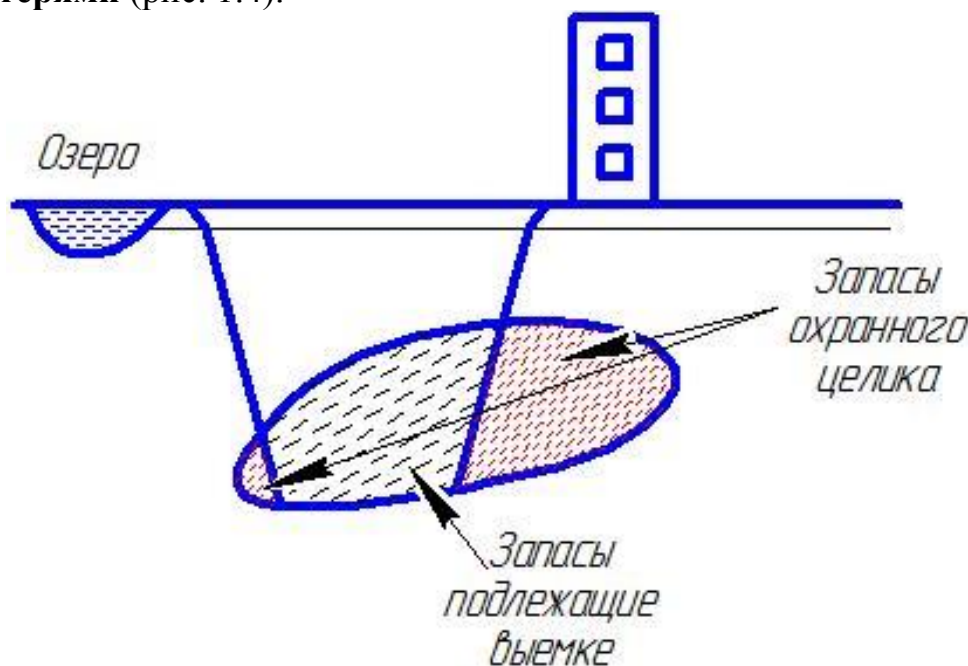


Рис. 1.4. Запасы охранного целика

Извлечь 100% промышленных запасов невозможно, т.к. их часть теряется из-за неправильного ведения горных работ, при транспортировке, погрузке руды. Такие потери называются **эксплуатационные потери (Пэ)**.

1.6 Элементы залегания месторождений

Положение рудных тел в пространстве и их размеры определяются элементами залегания: простиранием, углом падения (падением), мощностью, глубиной залегания и глубиной распространения от поверхности.

Простирание — воображаемая линия пересечения рудного тела с горизонтальной плоскостью.

Падение — это направление линии, которая лежит в плоскости залежи перпендикулярно линии простирания.

Угол падения — угол между горизонтальной плоскостью и перпендикуляром к линии простирания, расположенным в плоскости рудной залежи.

Деление месторождений по углу падения представлено в таблице 1.4.

Деление месторождений по углу падения

Тип месторождений	Угол падения	Варианты разработки и транспорта
Горизонтальные	До 3°	Доставка руды электровозным транспортом
Пологие	от 3° до 12°	Разрабатываются обычно без разделения на этажи с расположенным в породах лежащего бока концентрационным горизонтом, по которому производится откатка руды. Применяется самоходное оборудование на пневмоколесном ходу
Слабонаклонные	от 12° до 20°	Разрабатываются с разделением по падению на этажи, но отличаются тем, что наклон лежащего бока недостаточен для скатывания по нему отбитой руды под действием собственного веса. Применяется конвейерная доставка руды
Наклонные	от 20° до 45°	Применение скреперных установок, взрыводоставки и частично самотечная доставка руды в выработанное пространство
Крутопадающие	Более 45°	Разрабатываются с разделением по падению на этажи, причем отбитая руда может скатываться по лежащему боку под действием собственного веса

Мощность (нормальная, истинная) — расстояние по нормали (перпендикуляру) между контактами (границами) рудного тела с вмещающими породами.

Горизонтальная мощность — это расстояние по горизонтали между контактами (границами) рудного тела с вмещающими породами.

Вертикальная мощность — это расстояние по вертикали между контактами (границами) рудного тела с вмещающими породами.

Деление месторождений по мощности представлено в таблице 1.5.

Деление месторождений по мощности

Тип месторождения	Мощность (толщина)	Варианты разработки
Тонкие	меньше 0,7 м	При выемке обязательна подрывка вмещающих пород
Маломощные	от 0,7 до 3 м	При разработке возможно применение распорной крепи и не используется скважинная отбойка
Средней мощности	от 3 до 15 м	При отработке очистные блоки (камеры) располагают длинной стороной по простиранию залежи (разработка по простиранию)
Мощные	от 15 до 60 м	При отработке очистные блоки (камеры) располагают длинной стороной вкрест простирания залежи (разработка вкрест простирания)
Весьма мощные	более 60 м	Если крутые, при отработке этаж разделяют на очистные блоки не только по простиранию, но и вкрест простирания. Если пологие, то производят разделение залежи на этажи

По глубине расположения МПИ условно подразделяют на 4 группы:

1. **Небольшой глубины** (угольные пласты, марганцевые месторождения, месторождения соли). Глубина залегания не превышает **250-400 м**.
2. **Средней глубины** залегания (медноколчеданные и полиметаллические месторождения Урала, Алтая). Глубина от **400 до 1000 м**.
3. **Глубокозалегающие** месторождения (медноколчеданные и полиметаллические месторождения Урала, Севера). Глубина от **1000 до 2000 м**.
4. **Сверхглубокие** месторождения (ЮАР, рудник Витватерс ранда по добыче золота, глубина более 3300 м). Глубина более **2000 м**.

1.7 Графическое изображение месторождений

В горнотехнической литературе месторождения изображаются тремя разрезами:

1. Продольная проекция на вертикальную плоскость (вертикальный разрез по простиранию);

2. Вертикальный разрез вкрест простирания;

3. план горизонта (горизонтальный разрез).

На вертикальном разрезе по простиранию показывают:

а) **длину месторождения $L_{пр}$** , т.е. расстояние между флангами месторождения;

б) **начальную глубину залегания H_n** , которая равна расстоянию от земной поверхности до верхней границы рудного тела;

в) **конечную глубину залегания H_k** , которая равна расстоянию от земной поверхности до нижней границы залежи.

На разрезе вкрест простирания показывают:

а) H_n ;

б) H_k ;

в) нормальную m_n , горизонтальную m_r , вертикальную m_v мощность залежи;

г) угол падения залежи α .

На плане горизонта можно показать размеры рудного тела по простиранию $L_{пр}$ и горизонтальную мощность m_r , а также контур рудного тела в плане.

1.8 Подсчет запасов месторождения

Подсчет запасов месторождения – это определение количества полезных ископаемых на месторождении.

На практике применяются различные способы подсчета запасов: *способ среднего арифметического, способ разрезов, способ геологических блоков*.

Простейший из них – это **способ среднего арифметического**. Суть его в том, что определяется средняя мощность месторождения, средний угол падения, средняя длина по простиранию, средняя вертикальная высота залежи. По этим средним значениям определяется объем рудного тела, он умножается на средний объемный вес и получается геологические запасы месторождения.

Геологические запасы можно определить следующим образом:

$$Q_r = \frac{m_n}{\sin \alpha} * L_{пр} * (H_k - H_n) * \gamma_r, \text{ т},$$

где m_n – нормальная (истинная) мощность, м; α – угол падения залежи;

$L_{пр}$ – длина рудного тела (размер по простиранию), м; H_k и H_n – конечная и начальная глубина залегания месторождения, м; γ_r – объемный вес руды, т/м³.

Способ геологических блоков – разновидность среднего арифметического способа, отличающийся от него тем, что средние значения берутся не для всего месторождения в целом, а для отдельных частей его, называемых **геологическими блоками**. Сумма запасов по блокам дает общие запасы месторождения.

Способ разрезов – на основании разведочных выработок, разведочных скважин строят вертикальные или горизонтальные разрезы (сечения). Способ применяется, когда месторождение хорошо разведано выработками, скважина-

ми, равномерно расположенными. При этом способе по данным разведочных работ строят вертикальные и горизонтальные сечения рудных тел.

Для каждого сечения определяется его площадь, после этого определяют объемы руды, заключенные между соседними сечениями, суммируют эти объемы и получают общий объем руды месторождения.

При подсчете запасов этим способом на основании разведочных скважин, выработок строят вертикальные или горизонтальные разрезы (сечения) рудного тела.

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} * L_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} * L_2 + \frac{S_3 + S_4}{2} * L_3$$

$$Q_z = V_z * \gamma, \text{ т}$$

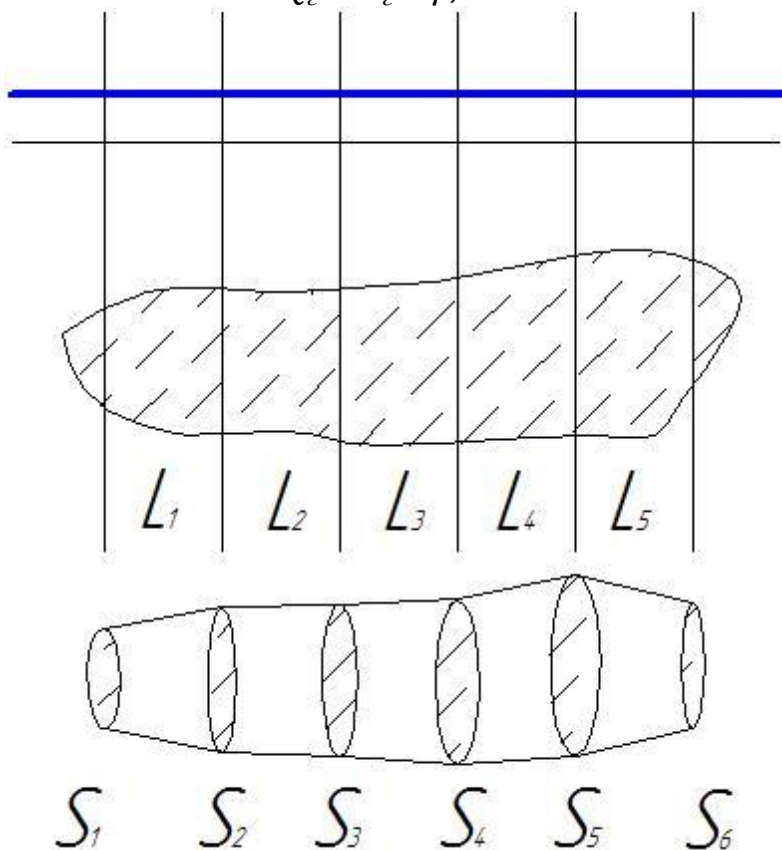


Рис. 1.5. Графическое изображение способа разрезов

1.9 Сдвигание горных пород в результате выемки полезного ископаемого

Сдвигание горных пород - перемещение и деформирование *массива горных пород* в результате нарушения их естественного равновесия под влиянием *горных работ*, изменения физико-механических свойств пород и других факторов. Деформирование пород в зависимости от интенсивности сдвижения проявляется в виде плавного прогиба без нарушения сплошности *пород*, возникновения *трещин* разрыва и *обрушения*. Размер области сдвижения ГП, характер процесса и величина его параметров в основном зависят от строения и состава

горных пород в массиве, формы и размеров выработок и глубины их залегания, способа управления *горным давлением*.

Различают следующие виды сдвижения ГП:

- абсолютное — перемещение одной части массива относительно другой, неподвижной его части. Определяется путем маркшейдерских инструментальных измерений и характеризуется полным *вектором сдвижения*;
- вертикальное — вертикальная составляющая векторов сдвижения точек поверхности или массива пород. Является главной частью полного вектора сдвижения при пологом падении *залежи*;
- горизонтальное — горизонтальная составляющая векторов сдвижения точек поверхности или массива горных пород. Различают горизонтальное сдвижение по простиранию и вкрест простирания рудной залежи. При крутом падении залежи преобладает сдвижение вкрест простирания. Максимальное горизонтальное сдвижение характеризуется наибольшей горизонтальной составляющей векторов.

Часть толщи горных пород, которая затронута процессом сдвижения, носит название **зона сдвижения**.

Сдвижение горных пород может вызывать плавное оседание земной поверхности (**мульда сдвижения**) без разрывов ее сплошности и может выйти на поверхность с образованием провалов.

В области сдвижения горных пород (рис.1.6) различают следующие зоны:

В **зоне обрушения** сдвижение пород происходит с разломом и разрушением слоев; с отделением от массива отдельных кусков, глыб породы.

Зона трещин — это область с нарушенной сплошностью пород, наличием трещин.

Зона области сдвижений (плавных сдвижений) характерна тем, что в ней наблюдаются пластические деформации без разрыва сплошности.

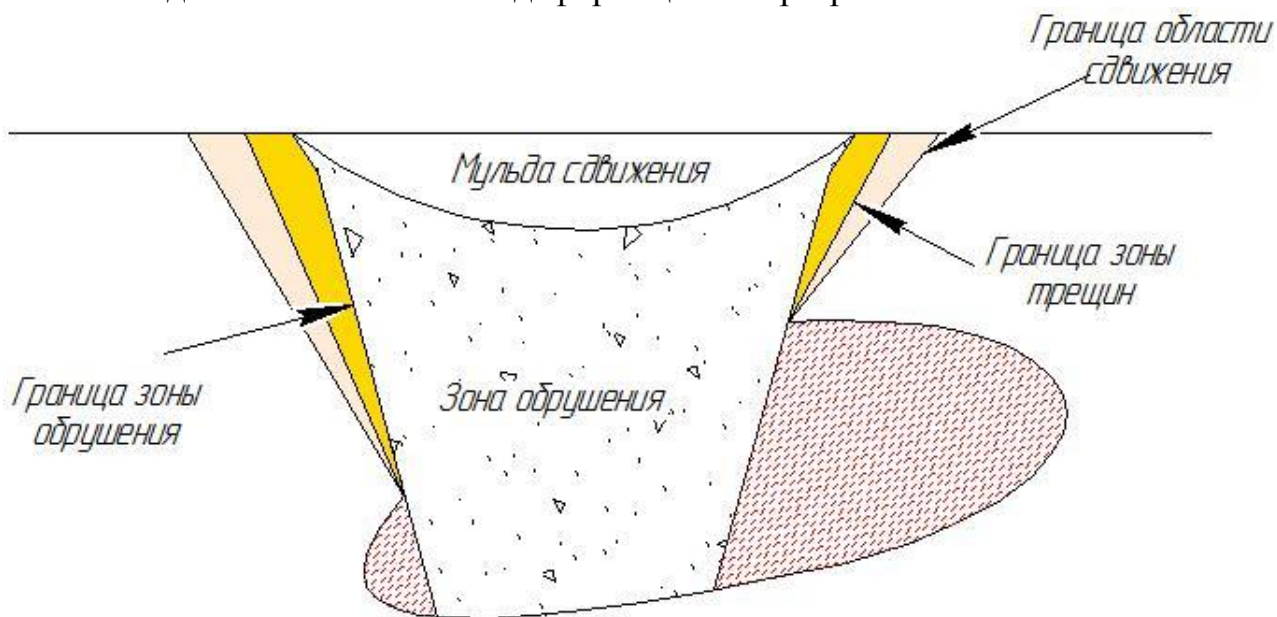


Рис. 1.6. Зоны сдвижение горных пород

Построение зоны сдвижения горных пород представлено на рисунке 1.7.

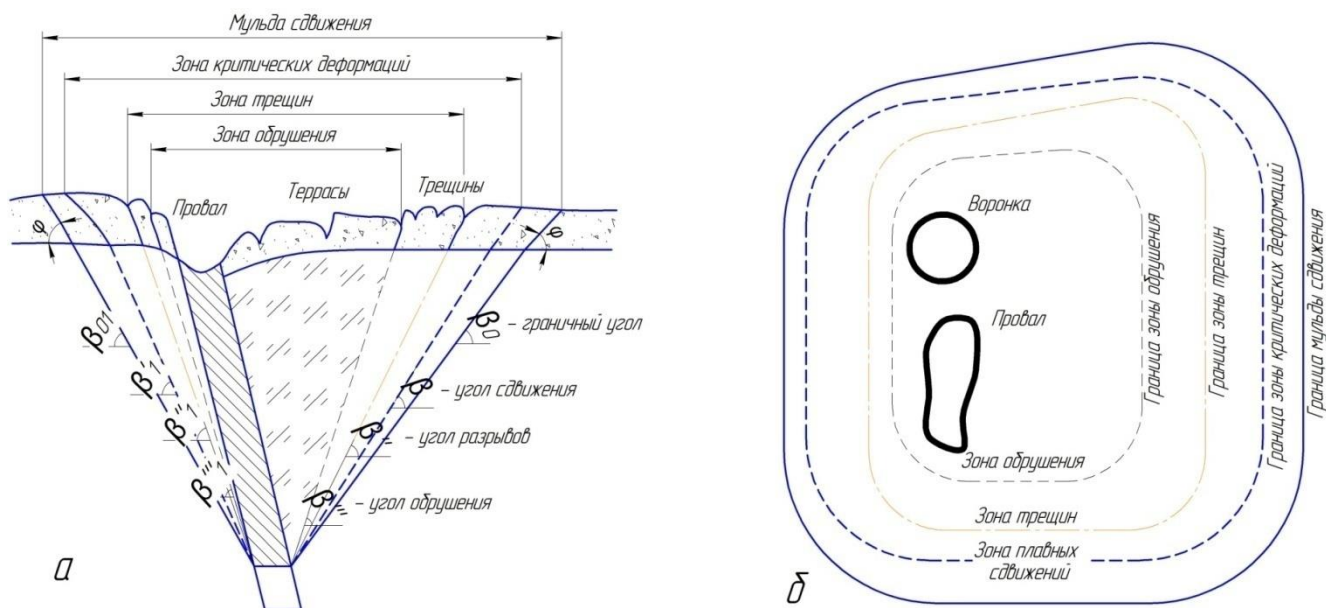


Рис. 1.7. Построение зоны сдвижения горных пород

Углы сдвижения пород при полной подработке при углах α падения залежи показаны на рисунке 1.8.

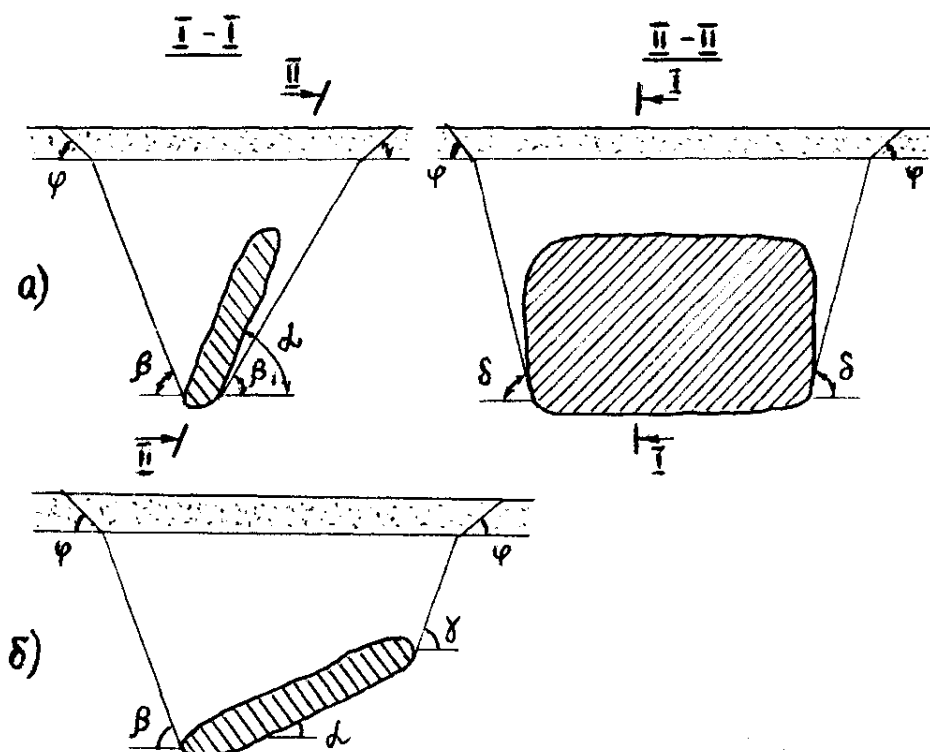


Рис. 1.8. Углы сдвижения пород при полной подработке при углах α падения залежи: а - более углов сдвижения; б - менее углов сдвижения; α - угол падения залежи; φ - угол сдвижения в наносах; β - угол сдвижения в коренных

породах по висячему боку; β_1 - угол сдвижения в коренных породах по лежа-
чему боку;

δ - углы сдвижения горных пород по простиранию месторождения.

Значения углов сдвижения горных пород представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Значения углов сдвижения горных пород

Крепость по- род	Углы сдвижения, град.			
	β_1	β	γ	δ
4-6	45-50	55	50	55
6-10	55	60	55	65
10-12	60	70	70	75
более 12	65	70	70	75

Поверхностные сооружения, а также вскрывающие выработки располагают за пределами зоны сдвижения или оставляют охранные целики. Так как фактические углы сдвижения могут оказаться меньше проектных, то в целях безопасности поверхностные сооружения, такие как шахтные стволы, относят на расстояние 30-50 м от границы зоны сдвижения на расстояние l (рис.1.9).

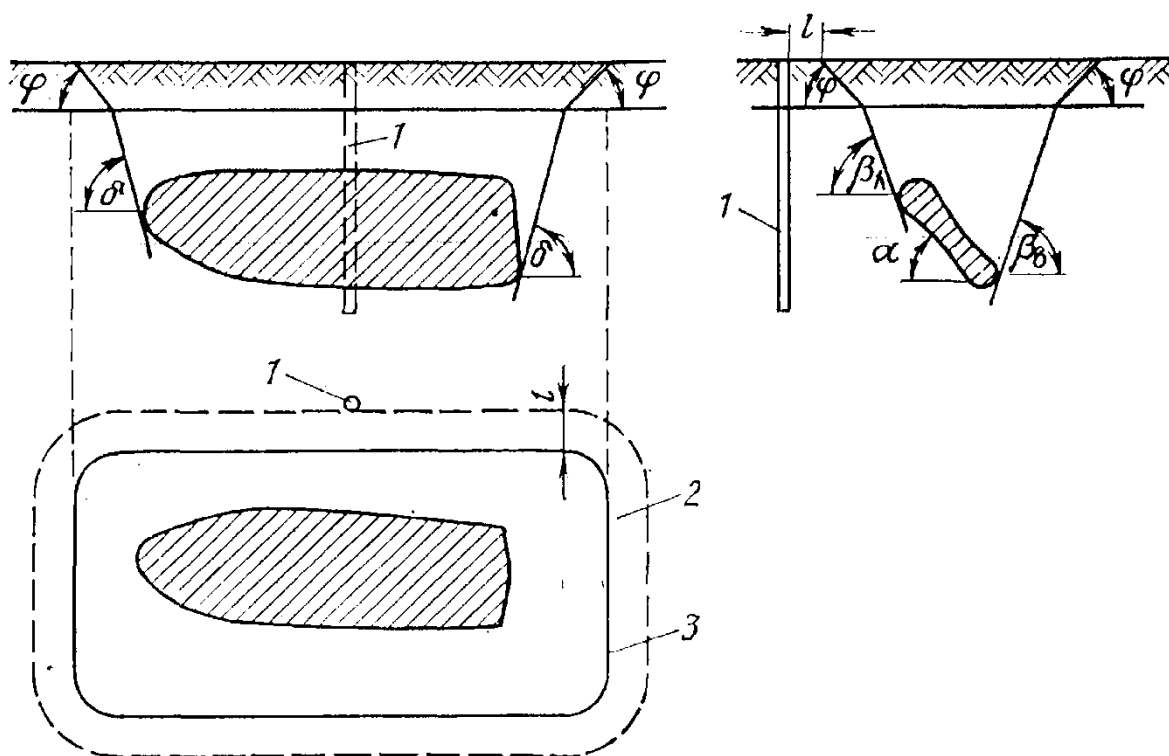


Рис. 1.9. Построение бермы безопасности

Ширина бермы безопасности имеет величину, зависящую от категории объектов, которые находятся на поверхности:

- не менее 20 м для I категории: стволы, копры, здания подъемных машин, камеры подъемных машин, капитальные здания и сооружения, водоемы.

- не менее 10 м для II категории: вспомогательные стволы шахт, капитальные рудоспуски, квершлагги, штольни, откаточные штреки.
- не менее 5 м для III категории: борта действующих карьеров, внутрикарьерные дороги, подъездные рудничные железнодорожные пути.

1.10 Потери и разубоживание руды

Потери руды – это часть вовлеченных в разработку балансовых запасов руды в пределах утвержденного контура горных работ предприятия не извлеченное из недр или не попавшее в дальнейшую переработку в течение работы предприятия. Определение рудной и горной массы с учетом потерь представлено на рисунке 1.10.

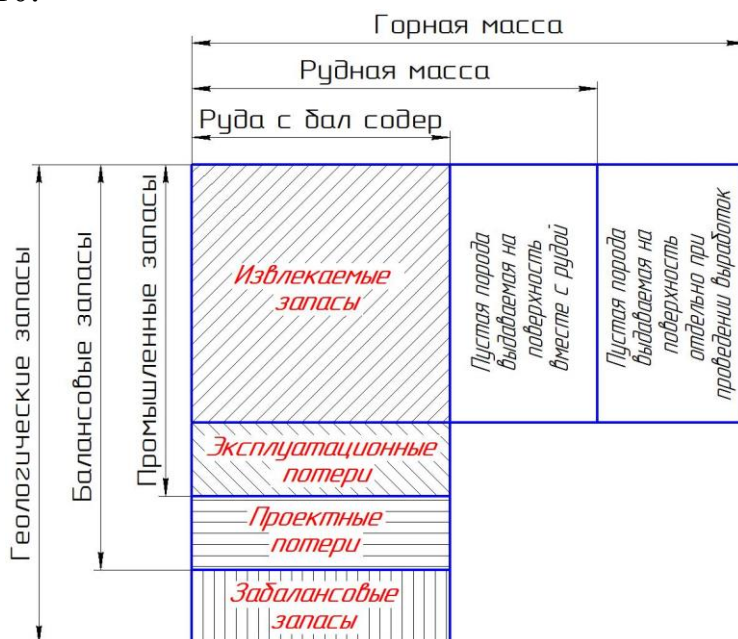


Рис. 1.10. Определение рудной и горной массы

Эксплуатационные потери руды определяются в % или в долях единиц:

$$Пэ = (П / Q_6) * 100, \%$$

$$Пэ = (П / Q_6), \text{ доли единиц,}$$

где $П$ - потери руды при разработке месторождения, т; Q_6 – балансовые запасы руды, т.

Если из промышленных запасов вычесть эксплуатационные потери, то получают запасы, которые могут быть выданы из недр Земли и носят условное название **извлекаемые запасы**.

$$Q_n = Q_p - Q_{э.пот}$$

При разработке месторождения извлекается не только чистая руда, но и пустые породы, которые примешиваются к добываемой руде, засоряя её.

Засорение руды характеризуется коэффициентом засорения (в % или в долях единиц).

$$З = В / Д * 100\%;$$

$Z=V/D$, доли единиц,

где V – количество засоряющих вмещающих (пустых) пород или некондиционных руд, т; D – количество добытой рудной массы, т.

Определить количество примешанной породы или некондиционных руд в добытой рудной массе не всегда возможно. Поэтому пользуются таким понятием, как *разубоживание руды*.

Разубоживание руды (потеря качества) – это снижение содержания ПК в добытой руде по сравнению с содержанием его в балансовых запасах.

Коэффициент разубоживания:

$$P=(c-a)/c, \text{ доли ед.},$$

где c – содержание полезного компонента в балансовой руде (массиве), %;

a – содержание полезного компонента в добытой руде, %.

$$P = \frac{c - a}{c} * 100, \%$$

Таким образом, кроме руды при разработке месторождения приходится извлекать на поверхность некоторый объем пустой породы. Часть из этих пород выдается на поверхность отдельно от руды (при проведении горных выработок по пустым породам), другая часть породы смешивается с рудой при ее выемке и также выдается на поверхность. Выдаваемую на поверхность руду с примешанной к ней пустой породой называют **рудной массой**.

Общий объем рудной массы, которая выдается на поверхность, называется **эксплуатационными запасами**. Зная эксплуатационные потери и разубоживание можно определить объем эксплуатационных запасов:

$$Q_{\text{Э}} = Q_{\text{П}} * \frac{(1 - P_{\text{э}})}{(1 - P)}, \text{ т},$$

где $Q_{\text{П}}$ - промышленные запасы, т.; $P_{\text{э}}$ - эксплуатационные потери, доли ед.; P – разубоживание, доли ед.

Рудная масса и выдаваемая отдельно от нее пустая порода имеют общее название – **горная масса**.

2. ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

2.1 Основные понятия

Горные выработки – сооружения в недрах Земли, созданное в результате ведения горных работ и представляющее собой полость в массиве.

Все горные выработки делятся на:

- открытые, которые образованы на поверхности земли. Они имеют незамкнутый контур поперечного сечения;
- подземные – образованные в недрах земли и имеющие замкнутый контур поперечного сечения;
- разведочные выработки предназначены для геологоразведочных работ. Это каналы, шурфы, разведочные шахтные стволы, разведочные скважины.
- эксплуатационные выработки предназначены для добычных работ.

По назначению и открытые, и подземные выработки делятся на: разведочные и эксплуатационные.

По положению в пространстве горные выработки подразделяются на: горизонтальные, наклонные и вертикальные.

Среди эксплуатационных выработок выделяется группа выработок, которые называются **горно-капитальными выработками** (обычно проходятся шахтостроительными организациями).

Очистные выработки – это горные выработки, в которых ведутся работы непосредственно по добыче полезных ископаемых.

Камера (при очистной выемке) – это очистная выработка, образованная в результате выемки полезных ископаемых и поддерживаемая специально оставленными массивами руды.

Иногда вместо оставления рудных целиков при обработке ценных руд создают искусственные целики.

2.2 Вертикальные горные выработки и формы их поперечного сечения

Шурф – это подземная выработка, имеющая непосредственно выход на земную поверхность и предназначенная в основном для геологоразведочных работ. Глубина – до 30-40 м., сечение имеет прямоугольную форму 1х1,4 м. Иногда шурфы в последующем используются для выброса, для спуска материалов, оборудования.

Шахтный ствол – это вертикальная подземная горная выработка, имеющая непосредственно выход на земную поверхность и предназначенная для подъема полезных ископаемых и пустой породы из шахты, для спуска-подъема людей, для транспортировки леса, закладочных материалов, для движения воздуха. В них располагают трубопроводы для откачки воды, для подачи сжатого воздуха в шахту, подвешивают электрические и телефонные кабели. Проведение и армирование ствола показано на рисунке 2.1.

Вопрос о том, какие подъемные установки необходимы на данном месторождении, решается с учетом производственной мощности, глубины разработки, количества сортов руды.

Нижняя часть ствола (ниже самого нижнего горизонта) называется **зумпф**.

Слепой ствол – это вертикальная подземная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ на нижних горизонтах.

Слепой ствол отличается тем, что он не выходит на поверхность и подъемную машину устанавливают под землей. Применяется при вскрытии отдельных залежей, которые удалены от главного ствола или если месторождение уходит на большую глубину, чтобы сократить длину квершлага.

Форма поперечного сечения стволов, а также применяемые материалы для крепления зависят от срока службы шахтного ствола, от величины и направления горного давления, а также от устойчивости и крепости пород. В нашей стране наиболее распространены стволы с круглым сечением. Стволы прямоугольного сечения применяются при незначительном сроке службы шахтного ствола, при небольшом горном давлении и небольшой глубине залегания. В нашей стране стволы с круглым сечением имеют диаметр от 4-8 м с шагом 0,5 м.

В связи с тем, что стволы выполняют различные функции, их сечения делятся на несколько отделений: скиповое, клетьевое, лестничное, трубно-кабельное отделение противовеса и др. Разделение на отделения производится с помощью расстрелов, которые закрепляются в стенках ствола через 4-6 м по всей глубине ствола.

Восстающий - это вертикальная или наклонная горная выработка, соединяющая, как правило, откаточный горизонт и служащая для доставки оборудования, перемещения людей, проветривания, для подачи энергии.

Поперечное сечение восстающих – прямоугольное или круглое.

Восстающие могут иметь одно или несколько отделений, причем должно быть обязательно лестничное отделение. Восстающие, предназначенные для перепуска с одного на другой горизонты руды или пустой породы, называются **рудоспуском (породоспуском)**.

2.3 Горизонтальные горные выработки и формы их поперечного сечения

Штольня – это горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для выдачи полезных ископаемых, пустой породы, передвижения людей, доставки материалов, проветривания, водоотлива и др.

В зависимости от назначения штольня бывает разведочная и эксплуатационная. Штольня выполняет те же функции, что и шахтный ствол, но отпадает необходимость в механическом водоотливе, т.е. вода из шахты самотеком выходит на земную поверхность.

Практически горизонтальных горных выработок в шахте нет, все они имеют наклон $\approx 0,003 \div 0,005$. Это необходимо для обеспечения стока воды, а также для облегчения транспортирования грузов в сторону ствола.

Квершлаг – это горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по пустым породам вкрест простирания рудного тела.

Предназначен для транспорта, передвижения людей, вентиляции, стока воды в сторону ствола, прокладки электрических кабелей; служит для связи между стволом и месторождением. Это самый короткий путь до месторождения. При наклонном и крутом падении рудных тел квершлагами разграничивается месторождение на этажи. Выполняет те же функции, что и ствол. Однако срок его службы короче, чем срок службы главного ствола. Необходимость квершлага отпадает при переходе горных работ на нижележащий этаж.

Орт – это горизонтальная подземная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, проводится вкрест простирания рудного тела по полезным ископаемым. Предназначен также для транспорта, вентиляции и т.д.

Штрек – это горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводится по простиранию рудного тела в наклонных и крутопадающих месторождениях и предназначена для транспортировки грузов, передвижения людей, проветривания, для разделения месторождения на этажи. Аналогичная выработка в горизонтальных месторождениях в любом направлении называется штреком. Различают штреки рудные и полевые. Также различают этажные штреки, которые проходят через все шахтное поле; подэтажные штреки – проходят в пределах выемочных блоков.

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок: прямоугольная, сводчатая, трапециевидная, арочная, полигональная, шатровая, круглая.

Форма поперечного сечения выбирается с учетом проявления горного давления, напластования пород, транспорта, который будет двигаться по ним.

Размеры поперечного сечения горизонтальных горных выработок определяются габаритами вагонеток, электровозов, самоходных машин на пневмокольном ходу, с учетом зазоров между ними и стенками выработок, зазоры устанавливают правилами технической безопасности.

Крепление выработок осуществляется деревом, бетонной крепью, арками металлическими (каждая арка состоит из двух стоек из металла в швеллер и верхнего сегмента, соединяется хомутами, болтами). Выработки прямоугольного сечения могут крепить анкерной крепью.

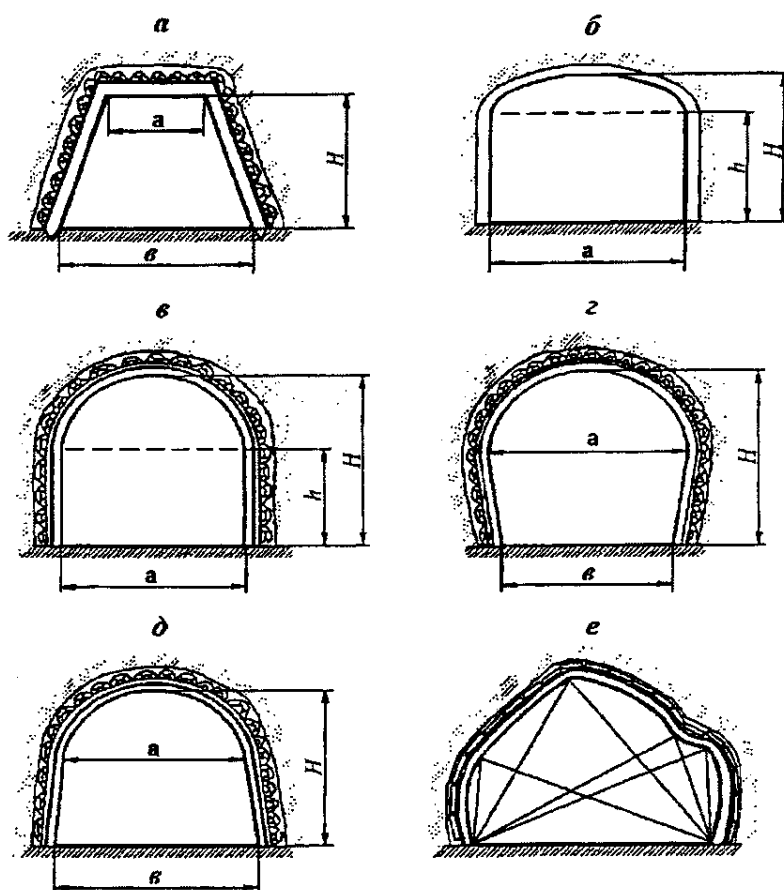


Рис. 2.2. Формы поперечного сечения горизонтальных горных выработок: а – трапецевидное сечение; б – коробковый свод; в – полуциркулярный свод; г, д – арочная форма сечения; е – сложная форма

2.4 Наклонные горные выработки

Наклонные горные выработки, как и выработки вертикальные, могут иметь выход на земную поверхность, так и не иметь.

К выработкам, которые имеют выход на земную поверхность, относят: наклонные шахтные стволы, наклонные штольни. Назначение этих выработок то же самое, что и вертикальных, и у горных.

Наклонные шахтные стволы могут проводиться по полезным ископаемым в породах лежачего бока параллельно контакту рудного тела с породами и породах лежачего бока за зоной движения горных пород.

Наклонный съезд – выработка, предназначенная для заезда бурового, доставочного и другого самоходного оборудования на подэтажные горизонты.

Ходок – это вертикальная горная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, предназначенная для перемещения людей, а также вентиляции, доставки материалов, прокладки кабеля, труб. На угольных шахтах ходки проводятся параллельно бремсбергам и уклонам. Часто ходки образуют механическими средствами для передвижения людей.

2.5 Элементы подземных горных выработок

Устье горной выработки – это часть горной выработки, непосредственно выходящая на земную поверхность. Если одна выработка отходит от другой выработки, то начало выработки будет устьем.

Кровля выработки – это поверхность горной выработки, ограничивающая выработку сверху.

Почва (подошва) – поверхность горных пород, ограничивающая выработку снизу.

Бока (стенки) – поверхность горных пород, ограничивающая выработку с боков.

При проведении горных выработок та часть горной выработки, которая перемещается после проведения комплекса БВР, называется **забоем** (где проводятся проходческие работы).

2.6 Выработки околоствольного двора

Вблизи шахтного ствола располагается целый ряд горизонтально и вертикально расположенных камерных выработок, которые называются **околоствольным двором**.

Камера – это подземная горная выработка, имеющая значительные поперечные размеры, предназначенная для установки машин, хранения материалов и т.д. (камера ожидания, камера установки противопожарного поезда).

Околоствольный двор устраивают на той глубине линии горизонта, откуда предполагается выдавать полезные ископаемые на поверхность. Различают следующие типы околоствольных дворов: тупиковый, круговой, петлевой.

Тип околоствольного двора принимают в зависимости от производительности рудника и способа подъема:

- а) тупиковый односторонний - производительность до 300 тыс.т в год;
- б) тупиковый двухсторонний - производительность до 1 млн. т в год;
- в) кольцевой - при производительности более 1 млн. т в год и скипо-клетевом подъеме.

Водосборник – это одна или несколько наклонных выработок, для сбора шахтной воды.

Камера подземной электроподстанции – обычно располагается рядом с насосной камерой, для установки подстанции.

Электровозное депо предназначено для ремонта, осмотра, стоянки вагонов, электровоза.

Камера ожидания – предназначена для ожидания клетки рабочими и ИТР.

Камера опрокидывателя – предназначена для разгрузки вагонеток в бункер при скиповом подъеме руды.

3. СООРУЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Размеры поперечного сечения горных выработок выбираются с учетом удобств эксплуатации, с учетом материала, конструкции, оборудования. Размеры поперечного сечения выработки определяется типом и габаритами транспортных средств, величиной зазоров между транспортным средством и стенкой выработки, а также с учетом количества воздуха, которое будет подаваться по данной выработке.

В горизонтальных выработках, где применяются рельсовые транспортные средства, должны быть обеспечены свободные проходы для людей **не менее 0,7 м между боком** выработки, размещенным оборудованием и наиболее выступающими частями подвижных средств. Ширина свободного прохода для людей должна быть выдержана по всей длине выработки, **высота прохода должна быть не менее 2 м**. С противоположной стороны выработки должны быть обеспечены зазоры **не менее 0,25 м** между боком выработки и наиболее выступающими частями подвижных средств.

В выработках с конвейерным транспортом ширина свободного прохода для людей должна быть **не менее 0,7 м** и с противоположной стороны должен быть обеспечен ремонтно-монтажный зазор не менее 0,4 м между стенкой выработки и наиболее выступающими частями конвейера. Расстояние от транспортируемой конвейером горной массы до кровли (крепя) выработок должно быть **не менее 0,3 м**.

Расстояние между осями рельсовых путей в двухпутевых выработках на всей их протяженности должно быть такое, чтобы зазор между наиболее выступающими частями встречных подвижных средств был не менее 0,2 м.

В выработках, пройденных комбайнами, **при эксплуатации машин с двигателями внутреннего сгорания (далее - ДВС)**, возможно уменьшение зазоров с обеих сторон до 0,3 м при условии устройства ниш с одной стороны глубиной 0,7 м, шириной 1,2 м и высотой 2 м через каждые 25 м. На устье выработки должен быть установлен аншлаг: "При проезде транспорта проход запрещен".

Зазоры между наиболее выступающей частью транспортного средства и боком (крепью) выработки или размещенным в выработке оборудованием должны приниматься в зависимости от назначения выработок и скорости передвижения машины:

- в выработках, предназначенных для транспортирования руды и сообщения с очистными забоями, должны приниматься зазоры не менее 1,2 м со стороны прохода для людей и 0,5 м с противоположной стороны. При устройстве пешеходной дорожки высотой 0,3 м и шириной 0,8 м или при устройстве ниш через каждые 25 м зазор со стороны свободного прохода для людей может быть уменьшен до 1 м. Ниши должны устраиваться высотой не менее 2 м, шириной не менее 1,2 м, глубиной не менее 0,7 м;

- в погрузочно-доставочных выработках очистных блоков, предназначенных для погрузки руды и доставки ее к транспортной выработке, в выработ-

ках, находящихся в проходке, при скорости движения машин, не превышающих 10 км/ч, и при исключении возможности нахождения в таких выработках людей, не связанных с работой машин, должны приниматься зазоры не менее 0,5 м с каждой стороны;

- в доставочных выработках (наклонные съезды), предназначенных для доставки в очистные блоки оборудования, материалов и людей (в машинах), при скоростях движения свыше 10 км/ч:

- по 0,6 м с каждой стороны при исключении случаев передвижения людей пешком;

- 1,2 м со стороны прохода для людей и 0,5 м с другой стороны, если передвижение людей пешком не исключается.

Высота выработки над свободным проходом для людей должна составлять не менее 1,8 м по всей ее протяженности.

Сечения выработок, по которым подается воздух, проверяются по допустимой скорости движения воздуха. Количество воздуха, необходимого для проветривания рудника определяется по формулам.

При применении дизельного самоходного оборудования на очистных и подготовительных работах, транспортировании руды количество воздуха рассчитывается исходя из нормативов подачи воздуха на единицу мощности:

$$Q_D = K_0 q_n \Sigma N_0 / 60, \text{ м.л./с};$$

где K_0 – коэффициент одновременности работы установок,

$K_0=1,0$ – при работе одной машины; $K_0=0,9$ – при работе двух машин; $K_0=0,85$ – при работе трех и более машин; q_n – норматив подачи количества воздуха на 1 л.с., q_n – норматив подачи количества воздуха на 1 л.с.,

$q_n=5 \text{ м}^3/\text{мин}$; ΣN_0 – суммарная мощность двигателей, работающих в шахте, л.с.

При применении оборудования с пневмо- и электроприводом количество воздуха для шахты (рудника) можно определить:

- по суточной добыче:

$$Q = q_b T_z, \text{ м}^3/\text{мин};$$

где q_b – необходимое количество воздуха на 1 т суточной добычи, $\text{м}^3/\text{мин}$; принимать для шахт негазовых и 1 категории $q_b=1,0 \text{ м}^3/\text{мин}$;

T – суточная добыча шахты (рудника), т; $z=1,2 \div 1,5$ – коэффициент запаса воздуха.

Скорость вентиляционной струи воздуха определяется

$$V_{\Pi} = \frac{Q}{S_{\text{св.}} \cdot \varphi} < V_{\text{доп.}},$$

где $S_{\text{св}}$ – площадь поперечного сечения выработки (ствол, квершлаг), м^2 ;

φ – коэффициент уменьшения сечения за счет армировки (в стволе), $= 0,8$;

$V_{\text{доп}} = 8 \text{ м/с}$.

4. ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

4.1 Основные понятия

Вскрытие месторождения производится *вскрывающими выработками*, их проведение называется *горно-капитальными работами*. Схема вскрытия (пространственное расположение вскрывающих выработок), должна обеспечивать рациональное выполнение следующих операций:

- подъем руды и породы;
- спуск и подъем людей и оборудования;
- спуск материалов и подачу закладки (если применяется система разработки с закладкой выработанного пространства);
- проветривание, водоотлив, энергоснабжение рудника и др.

Вскрывающие выработки по расположению относительно поверхности делятся на две группы:

- *основные* (имеют непосредственный выход на поверхность – вертикальные и наклонные стволы любого назначения, штольни);
- *подземные* (не имеют непосредственного выхода на поверхность).

По выполняемым функциям вскрывающие выработки делятся на:

- *главные*, служащие для транспорта и подъема руды;
- *вспомогательные* (все остальные выработки).

Производственная мощность рудника определяется количеством руды (в тоннах), добываемой за определенный период его работы (за смену, сутки, месяц, год). На рудниках за период работы принимается год, поэтому производственную мощность называют *годовой производительностью рудника*.

4.2 Простые способы (схемы) вскрытия

Центральная схема, при которой все основные вскрывающие выработки располагаются в середине месторождения или напротив середины (рис. 4.1).

Эта схема может быть выполнена в двух вариантах:

- с центрально-сближенным расположением вскрывающих выработок на одной промплощадке рудника или шахты;
- с центрально-отнесенным расположением вскрывающих выработок, при котором они располагаются на двух промплощадках по разные стороны месторождения.

Промплощадка (промышленная площадка) – участок поверхности, на котором расположены горнотехнические сооружения и здания горного предприятия.

Центрально-сближенное расположение вскрывающих выработок широко применяется при разработке горизонтальных и пологопадающих месторождений, причем при разработке бедных руд (например, калийных) выработки располагают в середине шахтного поля

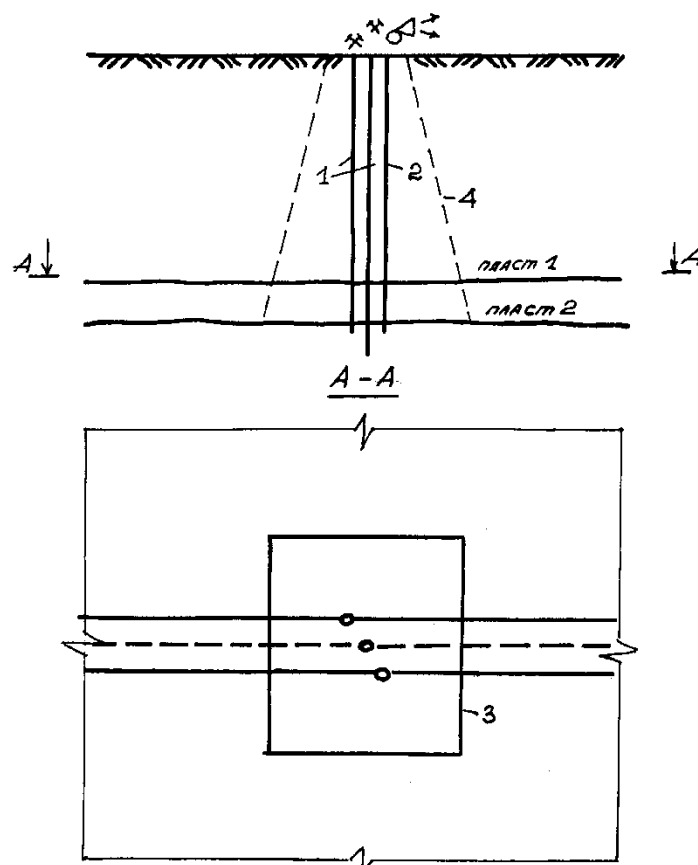


Рис 4.1.Центрально-сближенное расположение стволов при разработке горизонтального месторождения: 1 – главные скиповые стволы; 2 – вентиляционный ствол; 3 – граница охранного целика; 4 – линия сдвижения горных пород

При разработке крутопадающих месторождений эта схема применяется реже: обычно при небольшом простираии месторождения (менее 1 км) и возможности применения обратного порядка его отработки используется центрально сближенное расположение стволов (рис. 4.2).

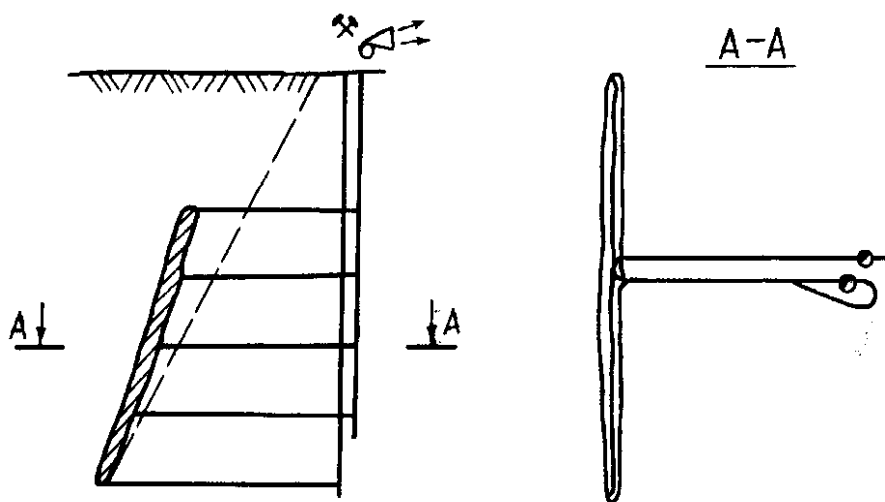


Рис 4.2. Центрально-сближенное расположение стволов при разработке крутопадающего месторождения

Очевидным недостатком центрально-сближенного расположения основных вскрывающих выработок является сложность проветривания отдаленных добычных участков.

Несколько упрощается, но остается достаточно сложным процесс проветривания при центрально-отнесенной схеме, при которой воздухоподающий и вентиляционный стволы располагаются по разные стороны месторождения (рис. 4.3).

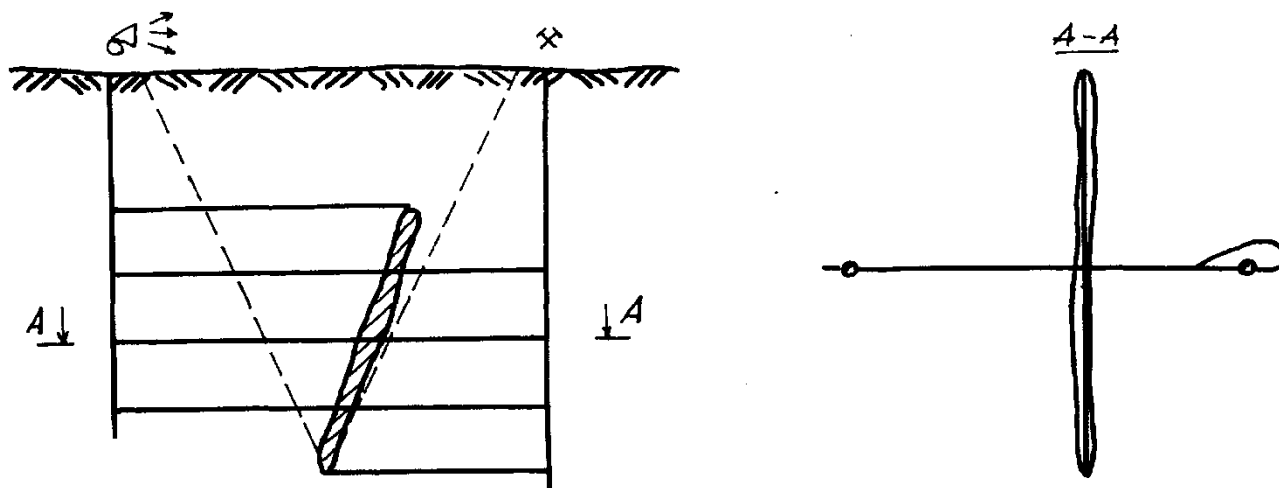


Рис 4.3. Центрально-отнесенное расположение стволов при разработке крутопадающего месторождения

Фланговая схема, при которой основные вскрывающие выработки располагаются на разных флангах месторождения, представлена на рисунке 4.4.

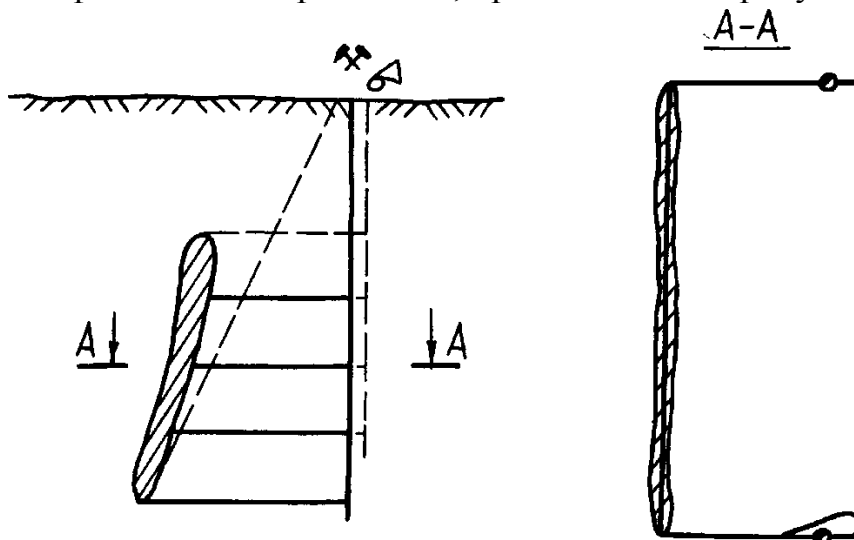


Рис 4.4. Фланговое расположение вскрывающих выработок при разработке крутопадающего месторождения

При фланговой схеме упрощается проветривание всех добычных участков и блоков, но значительно возрастают (почти в два раза) затраты на подземный транспорт руды к главному стволу, который располагается не в середине ме-

сторождения или напротив середины, а на его фланге. Данная схема часто применяется при разработке крутопадающих месторождений при небольшой производительности рудника. При этом увеличиваются расходы на подземный транспорт, но исключается необходимость в проходке третьего ствола напротив середины месторождения.

Применение фланговой схемы, в отличие от центральной, целесообразно при разработке пологопадающих залежей ценных руд, так как в этом случае не требуется оставления охранного целика (рис. 4.5).

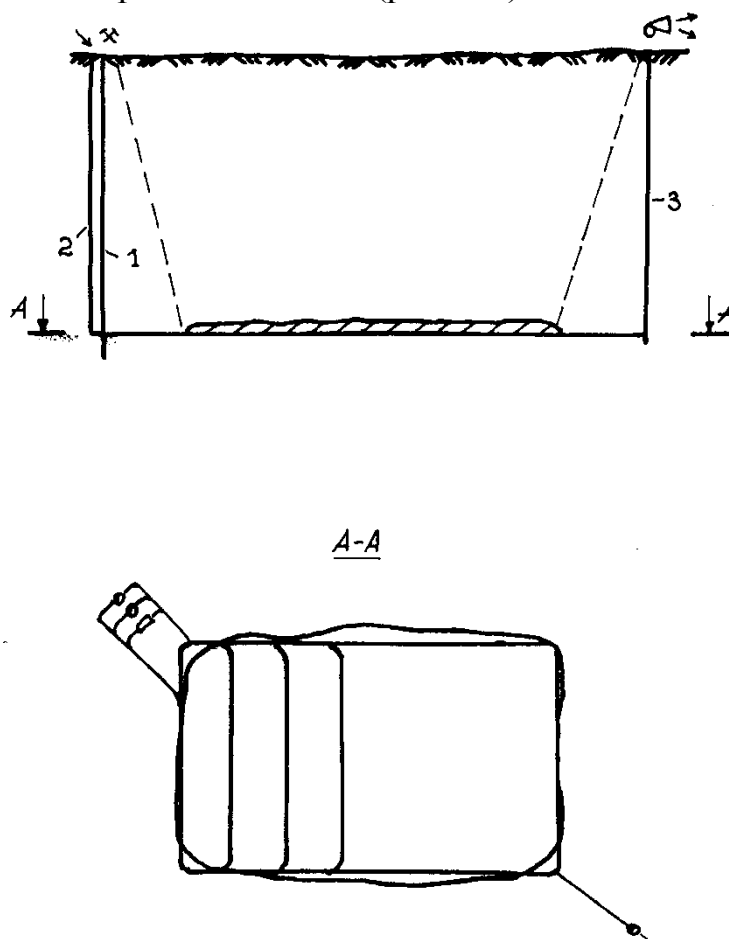


Рис 4.5. Фланговое расположение вскрывающих выработок при разработке пологопадающего месторождения: 1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол; 3 – вентиляционный ствол

4.3 Комбинированные способы вскрытия

Комбинированная схема, при которой главная вскрывающая выработка располагается напротив центра месторождения, а на каждом фланге размещаются вентиляционные выработки, представлена на рисунке 4.6.

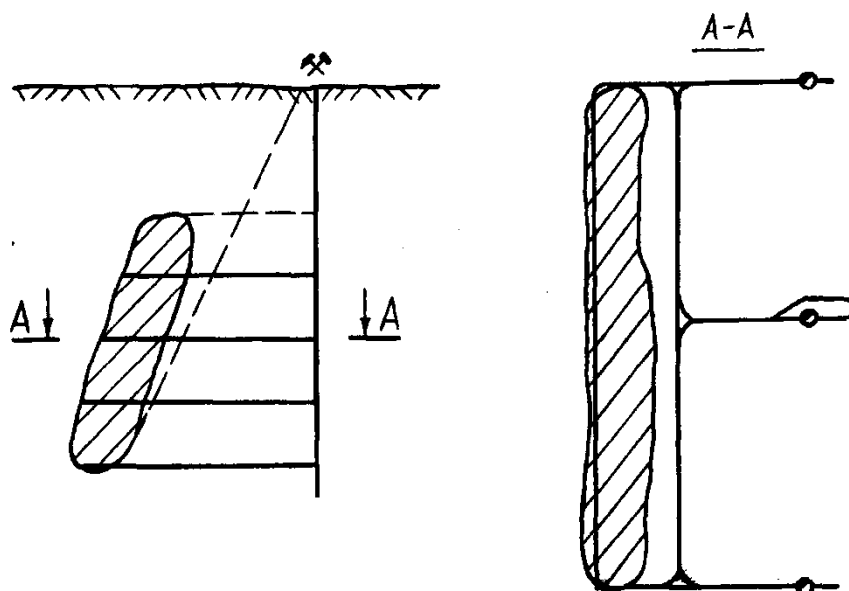


Рис. 4.6. Комбинированное расположение вскрывающих выработок

Такая схема обеспечивает минимальные затраты на подземный транспорт и создает благоприятные условия для проветривания всех добычных блоков и участков. Однако в отличие от вышеописанных схем, при которых необходимы как минимум две вскрывающие выработки, при комбинированном расположении их должно быть не менее трех.

Нередко число основных вскрывающих выработок превышает указанные выше величины. Причинами увеличения числа выработок могут быть:

- ◆ для главных вскрывающих выработок:
 - большая производственная мощность рудника;
 - необходимость выдачи руды с нескольких горизонтов;
 - необходимость выдачи нескольких сортов руды скиповыми подъемами и др.;
- ◆ для вспомогательных вскрывающих выработок:
 - необходимость проходки рядом со скиповым стволом вспомогательного ствола для спуска и подъема людей и подачи свежего воздуха;
 - необходимость проходки дополнительных воздухоподающих и вентиляционных вскрывающих выработок при использовании на руднике самоходного дизельного оборудования;
 - необходимость проходки наклонных автосъездов или вертикальных стволов, оборудованных мостовыми кранами для спуска и подъема крупногабаритного самоходного оборудования;
 - необходимость проходки специальных стволов для спуска закладочного материала;
 - проходка на крупных рудниках специализированного ствола для независимой работы шахтопроходческой организации.

Место расположения вскрывающих выработок должно соответствовать следующим требованиям:

– вскрывающие выработки необходимо располагать вне зоны сдвижения горных пород, которая может образоваться после полной отработки месторождения;

– воздухоподающие вскрывающие выработки должны размещаться с наветренной стороны по отношению к пыльным дорогам, отвалам, металлургическим заводам и т. п.;

– главные вскрывающие выработки при центральной или комбинированной схеме вскрытия при выдержанных контурах рудной залежи следует располагать в центре месторождения или напротив его центра, а при невыдержанных – напротив центра тяжести месторождения для обеспечения минимальных затрат на подземный транспорт руды;

– при разработке крутопадающих месторождений вскрывающие выработки, как правило, располагают в лежащем боку залежи, что значительно сокращает длину квершлагов. Невозможность такого расположения вскрывающих выработок может быть обусловлена наличием поблизости водоемов, населенных пунктов, заповедников и т. д.

К месту расположения устьев вскрывающих выработок предъявляются следующие требования:

– в гористой местности устья вскрывающих выработок должны располагаться выше максимального уровня подъема воды в реках и не в лавиноопасных местах.

– площадка для размещения зданий и сооружений должна быть удобной, с уклоном поверхности в ее пределах не более 5–6 град.

4.4 Выбор способа вскрытия месторождения

Общепринято классифицировать способы вскрытия рудных месторождений при их подземной разработке по типу главной вскрывающей выработки.

Классификация способов вскрытия имеет следующий вид.

I. Простые способы вскрытия:

1) вертикальными стволами:

- с клетьевым подъемом руды;
- со скиповым подъемом руды;
- со скипо-клетевым подъемом;
- с конвейерным подъемом руды;

2) наклонными стволами:

- с подъемом руды в вагонетках;
- со скиповым подъемом руды;
- с конвейерным подъемом руды;
- с подъемом руды автосамосвалами (или троллейвозами);

3) штольнями:

- с электровозным транспортом руды;
- с конвейерным транспортом руды;
- с транспортом руды автосамосвалами.

II. Комбинированные способы вскрытия:

- 1) вертикальными и слепыми вертикальными стволами;
- 2) вертикальными и слепыми наклонными стволами;
- 3) штольнями и слепыми вертикальными стволами;
- 4) штольнями и слепыми наклонными стволами;
- 5) наклонными и слепыми вертикальными стволами.

При проектировании горнорудных предприятий способ вскрытия месторождения выбирают методом сравнения вариантов, т.е. намечают 2-3 возможных варианта вскрытия, определяют объем горно-капитальных работ, а также эксплуатационные расходы при осуществлении того или иного варианта. Наиболее экономный вариант принимают по минимуму приведенных капитальных и эксплуатационных затрат.

Капитальные затраты на строительство рудника подразделяют на первоочередные и на затраты будущих лет. Первоочередные затраты – это затраты на строительство поверхностного комплекса до сдачи его в эксплуатацию. К ним относят: строительство зданий, сооружений, проходу стволов, штолен, квершлагов, окоlostвольных дворов, капитальных рудоспусков. К затратам будущих лет относят затраты, которые осуществляются в период эксплуатации рудника. Это затраты на углубку существующих стволов, проведение квершлагов, окоlostвольных дворов при отработке нижних слоев.

При выборе типа, числа и назначения вскрывающих выработок ориентируются на следующие схемы, получившие распространение в практике горнорудной промышленности.

1. Клетевой ствол и один или два вспомогательных ствола, оборудованных клетью с противовесом:

А - до 500 тыс.т в год; Н - до 300 м или

А - до 300 тыс.т в год; Н - до 1000-1200 м.

2. Скипо-клетевой ствол, вентиляционный ствол, необорудованный подъем для подачи воздуха, и один или два вспомогательных вентиляционных (для исходящей струи) ствола, оборудованных клетью:

1 млн.т > А > 300 тыс.т в год; Н до 1000-1200 м.

3. Скипо-клетевой ствол и вентиляционный (клетевой) ствол для подачи воздуха, спуска и подъема людей и оборудования и один или два вентиляционных ствола (для исходящей струи), оборудованных клетью с противовесом:

А = 1,0-4,5 млн.т в год; Н более 300 м.

4. Один или два скипо - клетевых или скиповых ствола, клетевой ствол, вентиляционный ствол для подачи воздуха и один или два вентиляционных ствола, оборудованных клетевым подъемом:

А более 4,4 млн.т в год; Н более 600 м.

5. Наклонный ствол для выдачи руды автосамосвалами, клетевой или скипо-клетевой или тот и другой вспомогательные ствола и один или два вентиляционных ствола, оборудованных клетевым подъемом:

А более 2,0 млн.т в год; Н менее 300 м.

6. Наклонный конвейерный ствол, скипо-клетевой и клетевой вспомогательный стволы и один или два вентиляционных ствола, оборудованных клетевым подъемом:

А более 4,0 млн.т в год; Н = 250-600 м.

Располагаются стволы в основном следующим образом:

– при длине рудной залежи по простиранию $L_{пр} \leq 800 \div 900$ м вертикальные рудовыдачные и вспомогательные стволы - на главной промплощадке рудника; вентиляционные стволы для исходящей струи - на флангах рудничного поля;

– при длине рудной залежи по простиранию $L_{пр} \geq 800 \div 900$ м вертикальные рудовыдачные и вспомогательные стволы - на главной промплощадке рудника; вентиляционные стволы – на флангах рудничного поля;

– наклонные стволы приурочены обычно к обогащательным фабрикам, вспомогательные стволы в этом случае располагаются на главной промплощадке.

Высота этажа принимается по параметрам принятой системы разработки (табл. 4.1). При выборе высоты этажа учитывают конкретные условия месторождения. Наибольшие значения высоты этажа принимают при отработке крутопадающих рудных тел небольшой мощности, залегающих в устойчивых породах.

Таблица 4.1

Определение высоты этажа

Система разработки	Высота этажа
Этажно-камерная	60-100
Подэтажных штреков (ортов)	
С магазинированием руды	50-70
Горизонтальные (наклонные) слои с закладкой	60
Слоевое обрушение	
Подэтажное обрушение	75
Этажное обрушение	80

Вскрытие и подготовка этажей может производиться погоризонтно, с применением концентрационных горизонтов или ярусно.

Концентрационные горизонты позволяют уменьшить объем и стоимость проведения капитальных выработок, сократить время вскрытия и подготовки по сравнению с этажным, снизить затраты на транспорт, подъем. Концентрационные горизонты оборудуют через каждые 2 – 4 этажа.

При ярусном вскрытии промежуточные горизонты подготавливают из полевых или рудных наклонных съездов.

Концентрационный горизонт оборудуют через каждые 2 - 4 этажа (рис. 4.7).

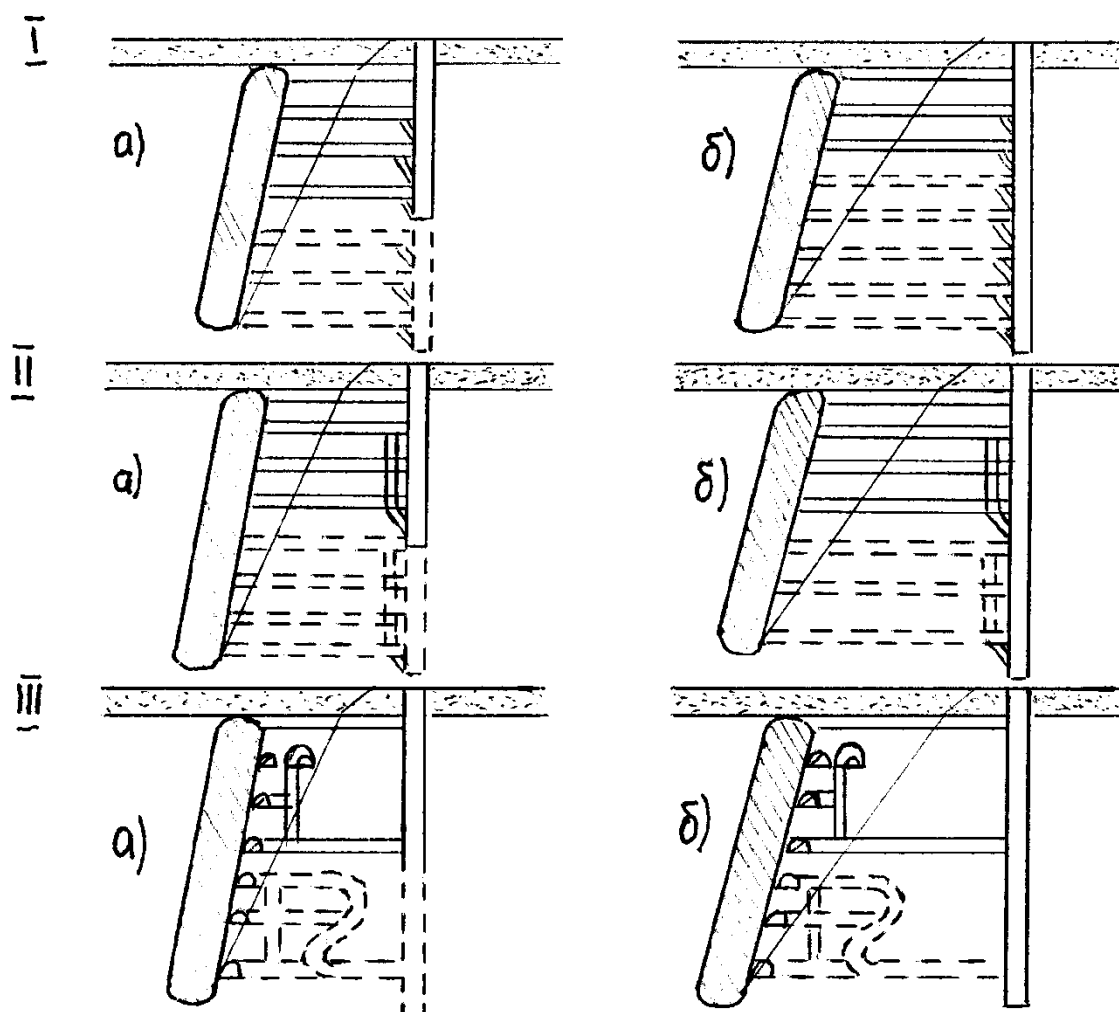


Рис. 4.7. Порядок вскрытия и подготовки этажей:
 I - поэтажный; II – концентрационными горизонтами; III – ярусный:
 а) - с углубкой ствола; б) - с проходкой ствола на полную глубину

Схемы проветривания рудника (шахты) представлены на рисунке 4.8.

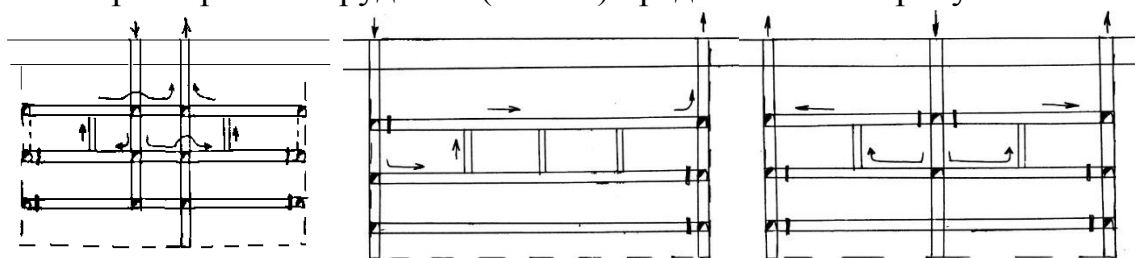


Рис. 4.8. Схемы проветривания рудника (шахты):
 а) центральная; б) фланговая; в) диагональная

Подготовка шахтного поля

Подготовка шахтного поля – это проведение выработок во вскрытой части месторождения, которыми оно разделяется на выемочные участки (панели, блоки). Эти выработки необходимы для осуществления погрузки отбитой руды в транспортные сосуды, для транспортировки руды до рудоподъемного ствола;

необходимы для проветривания; дают доступ к выработкам, из которых производят бурение скважин, шпуров; из них проводятся выработки для выпуска руды из очистного пространства и др. Кроме горизонтальных выработок проводятся вертикальные, наклонные и др. выработки. Подготовительными выработками оконтуриваются выемочные участки.

При крутом и наклонном залегании шахтное поле делится подготовительными выработками на этажи. Этажи, в свою очередь, делятся на блоки.

При крутом падении рудного тела подготовительные выработки проходят на каждом этаже. Во-первых, они могут быть пройдены непосредственно по рудному телу (рудная подготовка), во-вторых, могут быть пройдены только по пустым породам (полевая подготовка), а также часть пройдена по руде, часть по породе (смешанная подготовка).

Расположение подготовительных выработок основного горизонта может быть следующим.

В тонких, жильных рудных телах мощностью 0,8 м. на основном горизонте в качестве подготовительной выработки проводят один рудный штрек, причем расположение штрека может быть следующее: со стороны висячего бока, со стороны лежачего бока.

Различают штрековую и ортовую подготовки. При штрековой подготовке выпуск отбитой руды из очистного пространства производится непосредственно в откаточные сосуды. При ортовой подготовке загрузка транспортных средств производится в ортах-заездах.

На рудных телах средней мощности и мощных проводят как штрековую, так и ортовую подготовку, причем она может быть рудной, полевой или смешанной.

4.5 Деление шахтного поля на этажи, панели, горизонты, блоки

При отработке крутопадающих и наклонных месторождений шахтное поле разделяют горизонтальными выработками на этажи. В свою очередь этаж по длине делится на блоки (выемочные участки).

В пределах блока завершается весь комплекс подготовительных, нарезных и очистных работ, которые соответствуют данной системе разработки. Размеры блока по простиранию рудного тела изменяются от 30м до 100-150м (чаще 40-60м). Если длина блока будет превышать 150-200м, то выемку будут называть сплошной.

При выборе системы разработки на данном месторождении к ней предъявляют определенные требования:

1. Система разработки должна быть безопасной и должна обеспечить нормальные санитарно-гигиенические условия труда как для рабочих связанных с очистными работами, так и для других работников и населения. Всякая система разработки должна быть безопасной, а несчастные случаи могут происходить только при несоблюдении правил безопасности;
2. Система разработки должна обеспечить максимальное извлечение полезного ископаемого из земных недр, т.к. при больших потерях руды сокра-

щаются извлекаемые запасы руды, тем самым сокращается срок службы рудника, его производительность и, в целом, возрастают затраты на 1 т добытой руды;

Система разработки должна обеспечить, по возможности, постоянное качество выдаваемой руды на поверхность для эффективной работы обогатительной фабрики. Это связано с тем, что при изменении качества руды, поступающей на обогатительную фабрику, невозможно быстро перенастроить технологическую цепочку обогащения руды и процент извлечения полезного компонента в концентрат резко снижается;

Принятая система разработки должна обеспечить максимально возможную в данное время производительность труда и минимальную себестоимость производства. Себестоимость добычи руды зависит в большой степени от затрат на подготовительно-нарезные выработки, очистные работы. А эти затраты, в свою очередь определяются производительностью труда при проведении выработок и ведении очистных работ. На себестоимость добычи руды влияет также расход материалов (особенно дорогостоящих, таких как лес, закладочные материалы).

5. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ

Очистная выемка – это горные работы по непосредственному извлечению полезных ископаемых из подготовленных с этой целью выемочных участков (при крутом падении). В результате очистной выемки образуется очистное пространство, которое в зависимости от принятой технологии может оставаться открытой, т.е. незаполненной; может быть закреплено крепью, заполнено закладочным твердеющим материалом или же может быть заполнено обрушенными пустыми породами.

Очистная выемка при любой системе разработки включает 3 основных процесса:

- 1) Отбойка руды;
- 2) Доставка руды;
- 3) Управление горным давлением (поддержание выработанного пространства).

5.1 Отбойка руды

Отбойка руды – это отделение ее от массива тем или иным способом. На рудных месторождениях основной способ отбойки руды – буровзрывной.

При отбойке руды с невысоким коэффициентом крепости (марганцевые руды, огнеупорные, калийная соль) применяется механическая отбойка. Буровзрывная отбойка может вестись путем взрывания шпуровых зарядов, скважинных и сосредоточенных зарядов.

В настоящее время при значительных объемах бурения шпуров применяют самоходные буровые каретки.

Скважины бурят глубиной более 5 м. Различают скважины малого диаметра 30-90 мм и скважины большого диаметра – более 90 мм. Наибольшее распространение получили скважины среднего диаметра – 60-90 мм. При большей крепости применяют диаметром 50-100 мм.

При отбойке руды скважины могут располагаться в отбиваемом слое параллельно друг другу, веерообразно, пучками, наклонные, строго вертикальные.

При буровзрывном способе учитывается расстояние от свободной поверхности, на которую отбивают руду, а также расстояние между рядами. Если часто бурить шпуры, то улучшается дробление руды, но происходит повышенный расход шпуров и взрывчатки, что снижает эффективность отбойки. В зависимости от крепости отбиваемой горной массы, применяемого взрывчатого вещества, диаметра шпуров определяют необходимое расстояние между шпурами. Эта линия называется линией наименьшего сопротивления.

Линия наименьшего сопротивления является основным параметром при определении величины взрывчатых веществ.

При взрывании шпуров важным показателем отбойки является коэффициент использования шпура ($k_{ши}$). Это безразмерная величина, которая определяется отношением величины подвигания забоя при взрыве к длине шпуров:

$$k_{ши} = \frac{l_{yx}}{l_{шип}},$$

где l_{yx} - величина подвигания забоя; $l_{шип}$ - длина шпура.

При отбойке руды зарядами взрывчатых веществ образуются рудные куски, которые называют негабаритами. Наличие таких кусков затрудняет процесс перемещения руды от места отбойки до поверхности, поэтому их подвергают вторичному дроблению до размеров кондиционного куска.

Кондиционным называют наибольший кусок руды, на который рассчитаны размеры рудоспусков, мощности применяемого оборудования, размер кондиционного куска на шахтах с применением шпуровой отбойки составляет 300-400 мм.; на шахтах со скважинной отбойкой - 500-800 мм. Для дробления негабаритных кусков применяют заряды взрывчатых веществ.

Разделку негабарита при некоторых системах разработки производят в выработанных пространствах. Также ведется в выработках выпуск, доставка руды. Процент выхода негабаритных кусков на разных предприятиях: 3÷15%.

Эффективность отбойки руды при буровзрывной отбойке характеризуется следующими параметрами:

- удельный расход взрывчатых веществ, кг/м³ или кг/т.;
- производительность труда бурильщика, м³/п.м. или т/п.м.;
- выход негабарита, %.

Основные факторы, которые влияют на отбойку:

- крепость руды;
- трещиноватость;
- мощность залежи;
- число обнаженных плоскостей.

5.2 Выпуск и доставка рудной массы

Совокупность доставочных и вспомогательных выработок, расположенных в основании блока образует доставочный горизонт (горизонт доставки).

Различают самотечную и механизированную доставку. Самотечная доставка осуществляется за счет сил тяжести и применяется при углах падения залежи более 45-55 градусов.

Механизированной доставкой называется перемещение отбитой руды в пределах выемочного блока с помощью машин и механизмов. Применяется самостоятельно или в сочетании с самотечной доставкой. По своему значению этот способ занимает ведущее место, и имеет большие перспективы в связи с интенсивным развитием горной техники.

Механизированная доставка включает в себя:

1. Скреперную доставку;
2. Доставку самоходным оборудованием;

3. Доставку с помощью механизмов вибрационного действия;
4. Конвейерную;
5. Комбинации различных видов доставки.

5.3 Управление горным давлением

Силы, которые проявляются в массиве горных пород после проведения в нем выработок и вызывают деформацию горных пород называют **горным давлением**. Горное давление усложняет подземные работы и требует специальных мер по параметрам, расположению и поддержанию выработок. Реже горное давление используется как положительный фактор для отделения полезного ископаемого от массива.

Совокупность мероприятий по искусственному регулированию горного давления в подземных выработках для обеспечения безопасности горных пород называется **управлением горным давлением**. Применительно к очистному пространству эти мероприятия называются **поддержанием очистного пространства**.

В структуре затрат на очистную выемку доля процесса поддержания очистного пространства может составлять от 0 до 35%.

Величина и характер горного давления зависят от ряда факторов:

а) природных:

- глубина залегания (H , $\sigma = \gamma H$);
- тектонические силы;
- физико-механические свойства пород (монолитные породы с высокими упругими свойствами допускают значительные обнажения, требуют меньших затрат на поддержание выработок, но обладают удароопасностью). Трещиноватые породы затрудняют поддержание выработок, но снижают возможность горных ударов;

б) технологические:

- размер и форма обнажений (с увеличением обнажений возрастает необходимость в поддержании выработанного пространства, повышаются напряжения в окружающих породах);
- расстояние между выработками или ширина целиков (с увеличением этого расстояния возрастает опорное давление);
- интенсивность разработки в зоне повышенного горного давления (важно закончить работы в блоке раньше, чем наступит стадия прогрессирующей ползучести);
- порядок разработки (должен соответствовать снижению опорного давления в окружающем массиве);
- в) закладка (снижает опорное давление в окружающем массиве).

6. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

6.1 Основные понятия и требования к системам разработки

Разработка месторождения полезного ископаемого включает 3 стадии:

1. вскрытие;
2. подготовка;
3. очистная выемка

Очистная выемка состоит из таких производственных процессов как:

- отбойка руды;
- доставка;
- поддержание очистного пространства.

Совокупность этих производственных процессов, которые осуществляются в определенной последовательности во времени и пространстве с целью получения готовой продукции (руды), определяет технологию добычи руды. И одним из основных элементов технологии добычи руды является применяемая система разработки. Для того чтобы создать конструкцию системы разработки в горном массиве проводят: **подготовительные выработки**, которые оконтуривают запасы выемочного участка (блока, панели), открывают доступ к очистным забоям, служат для сообщения транспорта, для обеспечения нарезных и очистных работ энергией, технической водой, свежим воздухом.

К подготовительным выработкам относят:

- откаточные и вентиляционные штреки и орты;
- восстающие между этажными горизонтами;
- ходовые выработки, пройденные из откаточных и вентиляционных штреков;
- выработки, служащие для перепуска руды, оборудования.

При применении на очистной выемке самоходного оборудования проходят наклонные съезды для заезда на поэтажные выработки.

Подготовительные выработки проводятся как по руде, (при этом возмещается часть затрат на их проведение за счёт попутной добычи руды), так и во вмещающих устойчивых горных породах. Однако только подготовительных выработок в блоке или панели недостаточно для ведения очистных работ. Необходимо еще проведение **нарезных выработок**.

Нарезка – проведение выработок для создания фронта очистных работ в подготовленной части месторождения (блоке, панели). Эти выработки необходимы для производства процесса отбойки и доставки руды, подачи свежего воздуха на рабочие места и безопасного передвижения людей. К нарезным выработкам относят: доставочные штреки и орты; подсечные штреки; панельные нарезные штреки; отрезные восстающие; буровые штреки и орты; дучки; слоевые штреки; поэтажные штреки; погрузочные заезды и др.

Система разработки – это определённый порядок проведения подготовительных, нарезных и очистных выработок в этаже, увязанный во времени и пространстве.

Очистная выемка – извлечение полезного ископаемого при отработке камер, блоков, панелей; к очистной выемке также относят образование компенсационных камер, отрезных щелей, подсечки блока и пр.

Выбор систем разработки

В соответствии с исходными данными производится предварительный выбор конкурирующих систем разработки.

Предварительный выбор конкурирующих систем разработки, пригодных для конкретного участка или всего месторождения, основывают на учете следующих основных горно-геологических факторов: мощности, угла падения, устойчивости тел полезного ископаемого и вмещающих пород. Рациональные области значений данных факторов характеризуют применение соответствующих систем разработки, рекомендованных ПТЭ. Систему считают предварительно выбранной, если наблюдается соответствие значений всех исходных факторов их рациональным значениям.

При окончательном выборе конкурирующих систем разработки необходимо учитывать влияние следующих вспомогательных факторов:

- правильная форма и достаточная длина месторождения благоприятствуют применению любой системы разработки;
- на глубине разработки более 500-600 м нежелательно применение систем разработки 1-4, 10, 11;
- высокоценные руды требуют применения систем разработки с высоким коэффициентом использования запасов недр (5-9);
- содержание полезных компонентов во вмещающих породах благоприятствует применению систем разработки 10 и 11;
- правильный контакт руды с вмещающими породами благоприятен для систем разработки с использованием скважинной отбойки (2, 3);
- склонность полезного ископаемого к слеживанию, окислению и самовозгоранию требует применения систем разработки с немедленной выдачей отбитой руды из очистного забоя (1,2, 5, 7);
- сильная обводненность вмещающих пород препятствует применению систем разработки 9-11;
- необходимость сохранения дневной поверхности от обрушения требует применения систем разработки 7, 8.

Выбор систем разработки методом исключения представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Выбор систем разработки

№ п/п	Система разра- ботки	Условия применения систем разработки							
		Мощность рудного тела, м	Угол падения залежи, град	Свойства		Глубина раз- работки, м	Ценность руды	Склонность к самовозгора- нию и слежива- нию	Сохранность поверхности
				руды	пород				
1	Сплошная, ка- мерно- столбовая	1,5 - 18	0-30	Уст.	Уст.	До 600	Мал и средн.	-	Не сохр
2	Камерно – стол- бовая со взрыво- доставкой	3 – 20	25 - 45	Уст.	Уст.	До 600	Мал и средн.	-	Не сохр
3	Камерная: а) с массовой от- бойкой целиков	2-15	>50	Уст.	Уст.	До 600	Мал и средн.	Не доп.	Не сохр
		>15	0-90	Уст.	Уст.	До 600	Мал и средн.	Не доп.	Не сохр
		2-15	>50	Уст.	Уст.	Не огр.	Мал и средн.	-	Не сохр
		>15	0-90	Уст.	Уст.	Не огр.	Мал и средн.	-	Не сохр
4	С отбойкой из магазинов	1-3	>55	Уст.	Уст.	До 600	Средн и ценн.	Не доп.	Не сохр
5	Потолкоуступная с простой рас- порной крепью	0,6-3	>50	Уст. и средн. уст.	Уст. и средн. уст.	До 600	Средн. и ценн.	-	Не сохр
6	Однослойная выемка с заклад- кой	1,5-5	0-30	Уст. и средн. уст.	Уст. и средн. уст.	Не огр.	Ценн	-	Сохр
7	Горизонтальные слои с закладкой: а) с восходящей выемкой	1,2-6	>50	Уст.	Не уст.	Не огр.	Ценн	-	Сохр
		>6	0-90	Уст.	Не уст.	Не огр.	Ценн	-	Сохр
	б) с нисходящей выемкой	1,2-6	>50	Не уст.	Уст.	Не огр.	Ценн	-	Сохр

		>6	0-90	Не уст.	Уст.	Не огр.	Ценн	-	Сохр
8	Тонких жил с раздельной вы- емкой	≤0,4	>45	любые	Уст. и средн. уст.	До 600	Ценн	-	Сохр
9	Столбовая с об- рушением налегающих пород	1,5- 3,5	0-35	Не уст., ср. уст.	Не уст.	Не огр.	Ценн и ср.ценн	-	Не сохр
		3,5-7	0-35	Ср. уст.	Не уст.	Не огр.	Ценн и ср.ценн	Не доп.	Не сохр
10	Подэтажного обрушения: а) варианты с донным выпуском руды («закрытый веер», с отбойкой глубокими скважинами)	>7	0-90	Не уст. и ср. уст.	Не уст. и ср. уст.	До 700	Ср ценн	Не доп.	Не сохр
	б) с торцовым выпуском руды	3-7	>50	Ср. уст. и уст.	Ср. уст.	До 700	Ср ценн	Не доп.	Не сохр
		> 7	0-90	Ср. уст. и уст.	Ср. уст.	До 700	Ср ценн	Не доп.	Не сохр
11	Этажного принудительного обрушения: а) с отбойкой руды на камеры компенсации	10-15	>50	Уст.	Уст.	До 700	Средн	Не доп.	Не сохр
		>15	0-90	Уст.	Уст.	До 700	Средн	Не доп.	Не сохр
	б) с отбойкой руды в зажатой среде	10-15	>50	Ср. уст., уст.	Ср. уст., уст.	До 700	Средн	Не доп.	Не сохр
		>15	0-90	Уст.	Уст.	До 700	Средн	Не доп.	Не сохр

Длина выемочного участка $L_{\text{вы}}$ зависит, в основном, от устойчивости полезного ископаемого и вмещающих пород, требуемой интенсивности очистной выемки и стоимости проходки восстающих в системах разработки 2-4; от способа размещения в нем закладки, мощности рудного тела, стоимости проходки восстающих и величины потерь руды в междублоковых целиках - в системах

разработки 6 и 7; от уровня механизации буровых и погрузочно-доставочных работ, величины горного давления и расходов по ремонту крепи в нарезных выработках - в системах разработки 9 и 10; от устойчивости полезного ископаемого и вмещающих пород, мощности и угла падения рудного тела, уровня механизации буровых и погрузочно-доставочных работ - в системах разработки 1.

Длину выемочного участка $L_{\text{вы}}$ принимают равной:

- 18-30 м - для системы разработки 3 (вариант подэтажные орты и вариант вкрест простирания рудного тела);
- 30-60 м - для систем разработки 2, 3 (вариант подэтажные штреки и вариант по простиранию рудного тела); 4-8 и 11 (вариант на компенсационные камеры);
- 60-100 м - для систем разработки 2, 3 (вариант по простиранию рудного тела); 6, 7, 9, 10 и 11 (вариант без компенсационных камер);
- 100-150 м и более - для систем разработки 1, 2, 5, 7.

Ширину выемочного участка $b_{\text{вы}}$, зависящую от мощности рудного тела, устойчивости полезного ископаемого и вмещающих пород, принимают равной:

1. мощности, не превышающей ее предельных значений, - для блоковых систем разработки 4, 5, 7;
2. не менее 4-5 м и не более 18-30 м - для камерных систем разработки по простиранию - 3;
3. 6-20 м - для систем разработки 5, 10, 11 (вариант без компенсационных камер);
4. 20-30 м - для камерных систем разработки вкрест простирания - 3;
5. 30-50 м - для систем разработки 6, 9, 11 (вариант на компенсационные камеры);
6. более 50 м - для систем разработки 1.

Выбирают и обосновывают параметры конструктивных элементов: размеры камер, междукamerных и междуэтажных целиков (днища блоков и потолочин) и др.

Под конструктивными элементами системы разработки понимают составные части выемочного участка (подэтаж, слой, уступ и целик) вместе с расположенными в них подготовительно-нарезными выработками.

Подэтаж - часть запасов выемочного участка, ограниченная по высоте (падению) самостоятельным комплексом подготовительно-нарезных выработок. Высота подэтажа зависит от типа применяемого бурового оборудования, мощности и морфологии рудного тела. В системах разработки 2, 3, 10 ее принимают равной 10-15 м и более.

Слой - часть запасов выемочного участка, ограниченная двумя параллельными плоскостями для его выемки. Толщина (высота) горизонтального, наклонного и диагонального слоев зависит от применяемой техники и технологии ведения очистных работ. В системах разработки 4, 5, 7 высоту отбиваемого слоя принимают равной 1,5-3,5 м.

Уступ - часть очистного забоя, образованная двумя пересекающимися плоскостями. Он создается при невозможности или нецелесообразности одно-

временной выемки руды по всей площади очистного забоя. По размерам в очистном забое различают длинные (более 10-15 м) и короткие (от 1,5 м и более) уступы и по расположению - горизонтальные, вертикальные и диагональные уступы. Высоту уступов принимают равной 1,5 - 2,5 м для системы разработки 5 и 2,5-5,0 м для системы разработки 1.

Целики - части запасов полезного ископаемого, не извлеченных или временно не извлекаемых в процессе отработки выемочного участка. Они служат для охраны горных выработок, наземных сооружений, управления горным давлением и других целей. По назначению целики делят на опорные, панельные, барьерные и предохранительные, а по сроку службы - на временные и постоянные.

Постоянные целики оставляют при невысокой в них ценности полезного ископаемого, а временные при более ценном, допускающем получение экономического эффекта от их разработки.

Опорные целики оставляют внутри выемочного участка в виде столбов различной формы и размеров или сплошных лент (системы разработки 1 и 2).

Панельные и барьерные целики обычно сплошные, их оставляют на границах выемочного участка для сохранения панельных штреков и поддержания кровли выработанного пространства (системы разработки 1 и 2).

Предохранительные целики также оставляют на границах выемочного участка, и состоят они из **междуэтажного и междукамерного** (системы разработки 3 и 5). Междуэтажный целик формирует днище и потолочину. Высота целика в днище колеблется от 2-3 до 7-8 м, в зависимости от мощности рудного тела и устойчивости полезного ископаемого. Высоту целика в потолочине принимают равной 0,2-0,7 от ширины камеры, учитывая прочность контакта между рудой и породой. Ширину междукамерного (междублокового) целика принимают в пределах 5-15 м, принимая во внимание мощность рудного тела и устойчивость рудопородного массива.

6.2 Системы разработки с естественным поддержанием очистного пространства. Системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород

Отличительная особенность систем этого класса в том, что поддержание очистного пространства осуществляется естественными рудными целиками. Очистное пространство при этом остаётся открытым и называется обычно **камерой**. Большинство систем этого класса 2-х стадийные:

1. на первой стадии отрабатывают запасы руды в камерах;
2. на второй - извлекают целики.

Очистная выемка состоит в отбойке и доставке руды. Породы вокруг очистного пространства в период основной стадии отработки блока не обрушаются.

Системы отличаются сравнительно небольшими материально-трудовыми затратами, обеспечивают довольно высокую интенсивность разработки место-

рождения. Однако в мощных залежах и залежах средней мощности системы 1-го класса дают значительные потери в связи с оставлением целиков.

Очистная выемка при этих системах заключается только в отбойке и доставке руды, а также при необходимости вторичного дробления руды.

Очистное пространство может быть открытым или заполненным отбитой рудой, оно поддерживается за счёт естественной устойчивости руды и вмещающих пород, а при системах с магазинированием руды так же и за счёт подпора боков очистного пространства замагазинированной рудой.

Применяются эти системы главным образом при устойчивой руде и при устойчивых вмещающих горных породах. В случае применения этих систем при слабой устойчивости боковых пород рудная залежь должна быть мощной, а со стороны слабых горных пород должна оставаться рудная корка мощностью 1-3м (если эта руда теряется безвозвратно) или 5-8м (если предполагается её отрабатывать в последующем вместе с другими целиками).

Системы этого класса характеризуются сравнительно высокой производительностью труда, низкими трудовыми затратами, но в то же время, если не предусматривается отработка целиков, то возникают значительные потери руды. Системы этого класса нашли широкое применение при отработке руд средней ценности, применяются они и для отработки богатых руд, но при этом обязательно предусматривается отработка целиков. Широко применяются системы с естественным поддержанием очистного пространства при отработке калийной соли (90%), бокситов (алюминий). Применяются они и для отработки медных руд, железных.

В связи с общим понижением горных работ, в целом, удельный вес этих систем снижается, так как приходится оставлять большие объёмы руды в целиках.

В этот класс входят следующие системы:

1. сплошная;
2. камерно-столбовая;
3. этажно-камерная;
4. камерная с подэтажной отбойкой;
5. с отбойкой из магазина;
6. потолкоуступная с простой распорной крепью.

Отличаются они тем, что очистное пространство при этих системах не поддерживают и выпуск руды из него ведут в основном под обрушенными налегающими породами. Применять их возможно, если допускается обрушение земной поверхности и налегающих горных пород.

Системы этого класса характеризуются высокой производительностью труда, низкой себестоимостью добычи, но дают высокие потери руды и разубоживание.

6.3 Системы разработки с искусственным поддержанием очистного пространства

Отличаются от систем I-го и II-го класса тем, что к процессам отбойки и доставки руды добавляется процесс закладки и/или крепления очистного пространства. Системы этого класса обеспечивают высокие показатели извлечения (т.е. малые потери и разубоживание), но имеют высокую себестоимость добычи руды. Камерные системы разработки широко применяются при отработке ценных руд. После выемки камер они заполняются закладкой. При этом можно выделить следующие особенности:

1. отработка этажа или участка месторождения ведётся в несколько стадий, причём общепринятое название «камера», «междукамерный целик», «междублоковый целик» заменяются при этом названиями «камеры 1-ой очереди», «камеры 2-ой очереди» и т.д.

Количество этих стадий зависит от мощности рудного тела, устойчивости и крепости руды, вмещающих пород, прочности закладки.

Порядок отработки камер в этаже может быть различным.

Для мощных и пологих месторождений, а так же для пологих и горизонтальных количество стадий обычно более 3-4 –х. Особенно это характерно для пологих и горизонтальных месторождений, когда требуется сохранение панельных штреков и других выработок до конца отработки месторождения или участка.

Иногда применяют комбинированную закладку, т.е. твердеющая и сыпучая закладка. В этом случае необходимо учитывать, что обнажение сыпучей закладки недопустимо и выбирать надо соответствующий порядок отработки.

Например: 1 и 2 – камеры заложенные твердеющей закладкой, 3 – камеры заложенные сыпучей или гидравлической закладкой.

2. независимо от очередности отработка этажа ведётся камерами равной величины. Если при камерных системах разработки без закладки стремятся к максимальному увеличению пролёта камер и к минимальным размерам междукамерных целиков (чтобы повысить показатели извлечения) насколько это возможно по горно-геологическим условиям; то при применении твердеющей закладки возможно увеличение размеров междукамерных целиков до размеров камер, и показатели извлечения по блоку не ухудшаются.

3. при отработке пологих залежей камерными системами разработки с последующей закладкой возникают проблемы с отработкой днищ блока. В этих условиях возможно:

а) предварительная отработка нижней части блока в форме выработок, воронок, траншей и создания в этой части искусственного днища из бетона или сборного железобетона. Затем отработать основные запасы блока;

б) возможна отработка оставшихся гребней в днище блока с заходом в них людей под искусственным массивом. Сначала отрабатывают основные запасы камеры, а затем под искусственным массивом отрабатывают оставшиеся гребни

днища. При этом нижняя часть отработанных камер должна быть выполнена из более прочной закладки.

При отработке же крутопадающих залежей днища вышележащих блоков вынимаются одновременно с отработкой основных запасов нижележащего блока, при этом камеры нижележащего этажа смещают по отношению к камерам вышележащего этажа наполовину.

В большинстве случаев требуется дозакладка камер, особенно при отработке пологих и наклонных залежей. Это относится также и к отработке рудных тел имеющих запасы выше закладочного горизонта. Дозакладка камер в этом случае чаще осуществляется подачей смеси по специально пробуренным скважинам. Закладочная смесь может быть подана на высоту 15-20м. Возможно проведение специального восстающего до самой верхней отметки закладываемой камеры и по нему прокладывается закладочный трубопровод.

При горизонтальной и слабонаклонной кровле дозакладка затруднительна. В этом случае камеру с оставшимися незаложенными пустотами разделяют изолированными перемычками на участки по 8-10м и заполняют их закладочной смесью в отступающем порядке по трубопроводам через перемычки.

1. закладочная смесь подаваемая в камеру и массив должны удовлетворять определенным требованиям, т.е. иметь необходимую прочность, способную воспринимать нагрузки и допускать определенную площадь обнажения, иметь определенные значения усадки и определенные значения пластичности, чтобы она свободно могла транспортироваться по трубопроводам без закупорки.

2. во всех случаях применение твердеющей закладки необходимо возведение перемычек. Для того чтобы перемычки не раздавили нижнюю часть камеры заполняют на высоту перемычек, затем в течение 7 суток происходит затвердевание массива. Во вторую стадию заполняют остальную часть камеры.

3. необходимо не допускать при отбойке камер, имеющих контакты с закладкой, значительного разубоживания руды закладкой, т.к. незначительное попадание закладки в руду резко ухудшает показатели обогащения руды. Поэтому с целью уменьшения разубоживания со стороны искусственного массива оставляют рудную корку толщиной до 3м.

7. ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

7.1 Подземный транспорт

Все процессы перемещения руды из очистных блоков к месту ее отгрузки потребителю на поверхности образуют в совокупности единую систему транспортирования. Звенья этой системы — подземное транспортирование и подъем, связанные друг с другом через перегрузочные комплексы околоствольных дворов.

Подземное транспортирование руды представляет собой перемещение ее от пунктов выгрузки из очистных блоков до рудничного подъема. Подземный транспорт используют для своевременного и бесперебойного снабжения добычных участков материалами, инструментом, оборудованием и при необходимости для перевозки людей к месту работы и обратно.

На рудниках, добывающих металлические руды, используют следующий подземный транспорт:

- периодического действия (рельсовый или безрельсовый, самоходное оборудование на пневмошинном ходу);
- непрерывного действия (конвейерный).

Наибольшее распространение на подземных рудниках получил рельсовый транспорт. Это обусловлено тем, что руда представляет собой обычно крупнокусковой материал, обладающий большим удельным весом, крепостью и абразивностью.

Безрельсовое транспортирование с использованием самоходного оборудования применяется пока редко. Основной вид транспорта — автосамосвалы типа МоАЗ грузоподъемностью 20–22 т.

Ленточные конвейеры применяют только для транспортирования мелкокусковых мягких руд, например, на марганцевых шахтах. При этом нередко для вспомогательных целей приходится использовать рельсовый или автомобильный транспорт. Разработаны и проходят испытания конвейеры типа КЛТ, в которых лента уложена на лотки колесных тележек, перемещающихся по раме конвейера. Эти конвейеры могут транспортировать крупнокусковую (до 1,2 м) руду. Рудничный подъем — выдача руды и породы на поверхность с подземных горизонтов. Он необходим только при вскрытии стволами.

7.2 Подъем руды и породы. Спуск-подъем людей, материалов, оборудования

По типу оборудования рудничный подъем разделяют на клетевой, скиповой, конвейерный, автомобильный, а по назначению — на главный (для выдачи руды) и вспомогательный.

Подъем руды вагонетками в одно- и двухэтажных клетях применяют на небольших рудниках с производительностью 0,3–0,7 млн. т/год, а при малой глубине разработки (300–400 м) — до 1–1,5 млн. т/год. Вместимость поднима-

емых вагонеток при этом не превышает 4,5 м³. При клетевом подъеме требуется меньший объем проходки околоствольных выработок, чем при скиповом.

На рудниках с производительностью более 0,7–1 млн. т/год и при значительной глубине разработки используют, как правило, скиповой подъем руды.

Высокая производительность скипов объясняется их большей вместимостью (до 22 м³), скоростью движения (до 20 м/с и более, тогда как клетки движутся со скоростью не более 8 м/с), а также полной автоматизацией погрузочно-разгрузочных операций и подъема–спуска скипов.

Конвейерный подъем применяют на сравнительно неглубоких рудниках (до 400–600 м) большой производительности (свыше 4–5 млн. т/год), а при глубине разработки до 100–150 м — на рудниках с производительностью более 1–1,5 млн. т/год. Как правило, применяют мощные ленточные конвейеры. Для использования конвейерного подъема необходимо сравнительно мелкое дробление руды на куски размерами не более 0,1–0,15 м. Угол наклона ствола не должен превышать 16–18°.

Автомобильный подъем руды целесообразен при глубине разработки до 150–200 м и производительности рудника 0,5–1 млн. т/год. Поэтому он применяется в нашей стране в единичных случаях. Угол наклона автомобильных стволов 6–8°. Для вспомогательного подъема по вертикальным стволам используют то же оборудование, что и для главного. Его назначение заключается в выдаче на поверхность породы (вагонами в клетях или скипами); спуске–подъеме людей (в клетях), спуске в шахту материалов, инструмента (в клетях), спуске рабочего и подъеме неисправного оборудования (малогабаритное — в клетях; крупногабаритное — на подвеске под клетями, целиком или частями, либо на специальных грузовых платформах в неразобранном виде по отдельным стволам).

7.3 Вентиляция, водоотлив и энергоснабжение

Рудничную вентиляцию, или проветривание шахт, применяют для создания в подземных выработках нормальных атмосферах условий. Она должна исключить вредное воздействие на человека ядовитых газов, содержащихся в рудничном воздухе, высоких и низких температур, а также предотвратить опасные скопления вредных газов.

Рудничный воздух — смесь атмосферного воздуха и других газов, образующихся в подземных выработках или выделяющихся в них из массива.

Как известно, атмосферный воздух, окружающий земную поверхность, состоит из газов и паров. В нем на уровне моря содержится около 78,08 % азота, 20,95 % кислорода, 0,93 % аргона, 0,03 % углекислого газа и 0,01 % таких газов, как гелий, неон, криптон, озон, радон, водород и аммиак.

При прохождении по подземным горным выработкам состав атмосферного воздуха изменяется, т. к. содержание кислорода уменьшается, а углекислого газа и азота увеличивается. Кроме того, к нему примешиваются различные газы (вредные примеси), выделяющиеся в выработки из горных пород (метан, водо-

род и др.)или появляющиеся вследствие производства взрывов, работы дизельных машин, гниения деревянной крепи и т. д.

Для получения информации о составе и состоянии рудничной атмосферы на рудниках осуществляют систематический анализ газового состава рудничного воздуха, его запыленности и температуры.

Анализ газового состава может быть оперативным и лабораторным. Оперативный анализ газового состава рудничной атмосферы выполняют с применением переносных газоанализаторов в забоях, выработках и камерах. При этом устанавливают, как правило, содержание какого-либо одного вредного газа (иногда двух-трех), наиболее опасного в условиях данного рудника. На многих рудниках ведут также систематический оперативный контроль стационарными автоматическими газоанализаторами, устанавливаемыми, например, на струе загрязненного воздуха, отводимого после проветривания из шахты. Лабораторный контроль полного газового состава осуществляют периодически на основе анализа проб шахтного воздуха, взятых в подземных выработках.

Контроль запыленности воздуха в подземных выработках ведут, используя переносные пылемеры, которые позволяют установить массовую концентрацию пыли в шахтном воздухе.

Основная мера борьбы с примесями вредных газов — разжижение их свежим воздухом до предельно допустимых концентраций, т. е. подача в забои дополнительного количества свежего воздуха.

Для борьбы с запыленностью шахтного воздуха применяют специальный комплекс мер, среди которых наиболее распространено гидрообеспыливание.

Расход рудничного воздуха, являющегося единственным источником дыхания для всех работающих под землей, ограничивается объемом подземных выработок. Так как кислород рудничного воздуха расходуется на дыхание людей, работу горных машин, окисление руд и т. д., необходимо его постоянное пополнение за счет притока свежего воздуха с поверхности.

Расход воздуха, необходимый для проветривания горных выработок, определяют по нескольким факторам.

Во-первых, по разжижению газообразных продуктов взрыва ВВ (в первую очередь СО) до безопасного содержания (0,008 %). Как уже отмечалось, при взрыве 1 кг ВВ выделяется от 700 до 1000 л различных газов.

Во-вторых, расход воздуха определяют по максимальному числу людей в выработке, исходя из нормы 6 м³/мин на одного человека.

В-третьих, учитывают суммарную мощность работающих в выработке дизельных машин. Для разжижения выхлопных газов, содержащих вредные примеси (например, угарный газ), полагается подавать 6,8 м³ воздуха в минуту на 1 кВт мощности дизельных двигателей.

В-четвертых, расход воздуха, необходимый для проветривания, определяют по пылевому фактору (по выносу пыли из забоев).

Для эффективного выноса пыли из забоя скорость воздуха должна быть не менее 0,3 м/с.

Схема проветривания — порядок распределения и движения воздуха по выработкам. Воздух подают в шахту по одним выработкам, а отводят на поверхность по другим.

На подземных рудниках наиболее часто применяют диагональные схемы проветривания, являющиеся прямоточными. При размещении вскрывающих выработок на флангах месторождения свежий воздух подают по клетевому стволу, по которому осуществляют спуск— подъем людей, или специальному воздухподающему стволу, а загрязненный отводят на поверхность по вентиляционному стволу на другом фланге месторождения разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом

Все выработки и очистные забои проветривают, как правило, за счет общешахтной струи при сквозном движении воздуха. Однако тупиковые проходческие и очистные забои таким образом проветривать не удастся. Если они имеют длину менее 10 м, то их проветривание осуществляют за счет диффузии (постепенного проникновения свежего воздуха в тупиковый забой). Для подачи свежего воздуха в протяженные тупиковые забои применяют нагнетательный, всасывающий и комбинированный способ местного проветривания посредством специальных переносных вентиляторов и вентиляционных труб.

Для подачи свежего воздуха в шахту используют вентиляторные установки главного проветривания. Они располагаются на поверхности вблизи герметически закрытых устьев стволов или штолен и обеспечивают проветривание подземных выработок шахты. Установки включают в себя рабочий и резервный вентиляторы, помещенные в специальном здании, связанном со стволом или штольной вентиляционным каналом, а также устройства для реверсирования (изменения направления) воздушной струи, необходимого при авариях под землей, и устройства для подогрева (калориферы) или охлаждения (кондиционеры) воздуха, подаваемого в шахту.

Водоотлив — удаление на поверхность шахтных вод из подземных выработок. Если месторождение вскрыто стволами, то водоотлив осуществляют посредством подъема воды по трубам. При вскрытии штольнями воду удаляют из рудника самотеком по канавкам.

Источники поступления шахтных вод: водоотдача насыщенных водой горных пород, фильтрация воды по трещинам из вышележащих подземных водоносных горизонтов или заполненных водой подземных пустот, фильтрация по трещинам или через зоны обрушения воды из поверхностных водоемов (рек, озер, болот и т. п.) и от атмосферных осадков.

Способы борьбы с водопритоками:

- ограждение шахтного поля от поверхностных вод;
- осушение пород, вмещающих месторождение;
- собственно водоотлив из подземных выработок;
- защита подземных выработок от затопления.

Электроснабжение подземных рудников осуществляется в основном от независимых линий электропередачи для приемников I, II и III категории напряжением 35 кВ.

К потребителям I категории относят: клетевой подъем (включая собственные нужды), вентилятор главного проветривания и обеспечение собственных нужд.

К потребителям II категории относят скиповые подъемные установки, компрессоры, технологический комплекс, включая обогатительные установки.

III категория включает в себя все остальные электроустановки, перерыв в электроснабжении которых не вызывает значительного ущерба.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания. Перерыв в питании допускается на время автоматического ввода резервного питания или необходимо иметь не менее двух установок, приводы которых получают питание от двух независимых источников.

На ГПП при помощи трансформатора «ТМН–10000/35/6» напряжение понижается до 6 кВ. От ГПП запитываются: ГВУ, компрессорная, подъемные машины и ЦРП (высоковольтные потребители); при помощи понижающих трансформаторов – поверхностный комплекс.

Подземные потребители запитываются от ЦРП. Распределение электрической энергии на ЦРП происходит с помощью ячеек и выключателей. От ЦРП запитываются: водоотлив и другие потребители электрического тока.

Вариант схемы электроснабжения приводится на рис. 7.1.

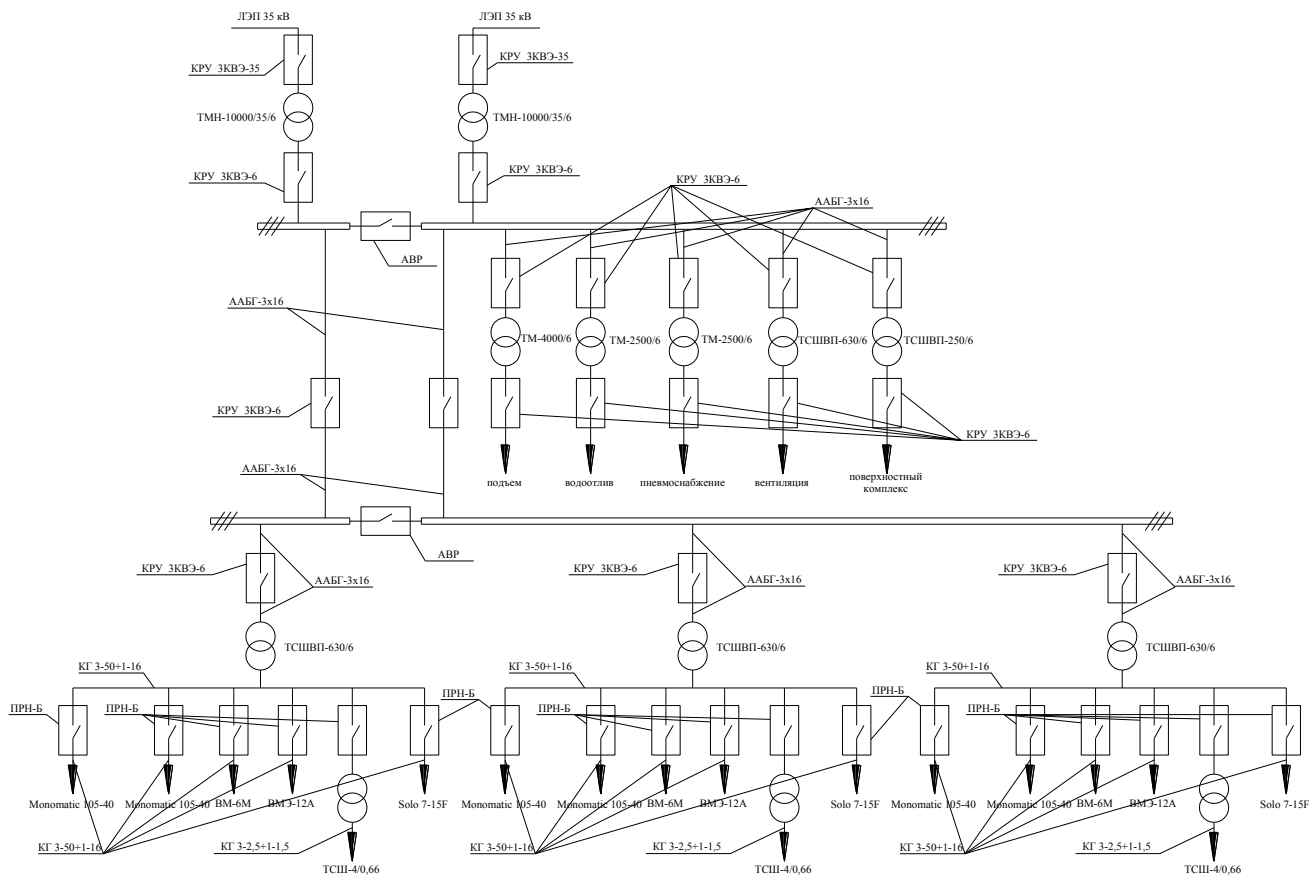


Рисунок 7. 1 – Вариант схемы электроснабжения рудника

8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОВЕРХНОСТИ РУДНИКА

Рудничная поверхность, или промплощадка рудника – это спланированная и благоустроенная часть земной поверхности, на которой расположены комплекс зданий и сооружений, железные и автомобильные дороги, сети электро- и водоснабжения, канализации и т. п., необходимые для обеспечения производственной деятельности рудника [3].

Промплощадку разделяют на зоны основного производства, транспортно-складскую, вспомогательных производств и административно-общественную.

Кроме того, предусматривают резервные участки для расширения предприятия.

Застройку промплощадки можно осуществлять по блокированной и рассредоточенной схемам. Блокированная схема застройки отличается компактным размещением сооружений в одном или нескольких крупных зданиях.

Рассредоточенная схема застройки промплощадки, как правило, вынужденная, например, при размещении объектов рудничной поверхности в узких горных долинах или на крутых склонах.

9. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

На производстве существуют факторы, негативно и пагубно сказывающиеся на здоровье человека, такие как опасные и вредные. Поэтому создание благоприятных и безопасных условий труда позволяет повысить работоспособность человека и сохранить его здоровье.

Фактор, воздействие которого на рабочего в определенных условиях приводит к травме или к резкому и внезапному ухудшению здоровья называется опасным.

К опасным производственным факторам относят: травмирование кусками пород, поражение электрическим током, ядовитые газы, действие УВВ, прорыв воды в выработки, взрывы газа и пыли, пожар, горные удары, обрушение горных пород.

Все вышеперечисленные факторы являются причиной тяжелых травм, увечья, либо летального исхода.

Предельно допустимые концентрации и уровни:

- вибрация общая - 92 дБ (локальная - 112 дБ);
- влажность воздуха – 15-75 %;
- температура воздуха – не должна превышать 26 °С;
- освещённость рабочей поверхности - 15 Лк;
- скорость движения воздуха: в очистных и подготовительных выработках - 4 м/с; в квершлагах, вентиляционных и главных откаточных штреках, капитальных уклонах - 8 м/с; в остальных выработках - 6 м/с; в воздушных мостах (кроссингах) и главных вентиляционных штреках - 10 м/с; в стволах, по которым производится спуск и подъем людей и грузов - 15 м/с; в вентиляционных скважинах, каналах и восстающих, не имеющих лестничных отделений, скорость воздушной струи не ограничивается;
- шум - 80 дБА;
- рудничная пыль - 2 мг/м³; CO (окись углерода) - 0,0017%; SO₂ (сернистый газ) - 0,00038%; H₂S (сероводород) - 0,00071%; NO₂ (окись азота) - 0,00026%.

Фактор, воздействие которого на рабочего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности называется вредным.

Вредные производственные факторы способствуют снижению работоспособности, рабочий начинает чаще болеть, т.е. приводят к внезапному резкому ухудшению здоровья (табл. 9.1).

Пыль, попадая в организм человека вместе с вдыхаемым воздухом, приводит к легочным заболеваниям, известным под общим названием пневмокониоз.

Вибрация вызывает спазмы сосудов, нарушает снабжение конечностей кровью, действует на нервные окончания, мышечные и костные ткани. Вследствие чего понижается чувствительность кожи, отложению солей в суставах, уменьшению их подвижности, окостенению сухожилий, болям. Вызывает не-

благоприятное влияние на человека, нарушает работу функциональных систем организма, что приводит к развитию вибрационной болезни.

Таблица 9.1

Вредные производственные факторы

Антропогенные физические факторы	повышенный уровень запыленности, вибрация, шум, отсутствие либо недостаток естественного освещения, воздействие ультразвука или статического электричества, влияние электромагнитных полей, электрический ток, высокая (низкая) температура оборудования, движущиеся и работающие механизмы и оборудование
Психофизиологические факторы	нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение, эмоциональные нагрузки, монотонность работы, и т.д. физические перегрузки: тяжесть труда (вынужденная необходимость перемещения и подъема тяжелых грузов), числом движений (расстояние которое приходится преодолевать для осуществления производственных процессов)
Природные физические факторы	температура, влажность, подвижность воздуха

Мероприятия, обеспечивающие безопасность труда

Мероприятия по борьбе с вибрацией:

- использование буровых установок и буровых станков импортного производства, исключающих контакт рук с виброинструментом;
- использование телескопных перфораторов в исполнении с виброгасящими устройствами;
- применение индивидуальных средств защиты: влагонепроницаемых рукавиц, антивибрационной обуви;
- введение перерывов, т.е. рационализация режимов труда.

Мероприятия по борьбе с пылью и газом:

- применение бурения с промывкой при использовании всех видов буровых машин;
- смывание водой пылеватых частиц, находящихся в воздухе и на стенках выработок, с помощью оросителей;
- осуществлять принудительную вентиляцию проходческих забоев;

- применять туманообразователи для подавления пылегазового облака при проведении взрывных работ;

- применять средства индивидуальной защиты от пыли (респираторы).

Мероприятия по борьбе с шумом:

- на поверхностных компрессорах применяются звукоизолирующие кожухи;

- в зоне работы ремонтного персонала применяются акустические экраны;

- для защиты работников применяются СИЗ органов слуха (наушники, беруши);

- стационарное оборудование устанавливается в нишах и заглублениях.

Для создания нормального микроклимата в шахте предусматривается:

- установка калориферной установки в устье воздухоподающего ствола, работающего на нагнетании свежего воздуха в шахту с целью повышения температуры воздуха в зимний период;

- регулирование скорости движения воздуха путём распределения подачи его в выработки и установки вентиляторов местного проветривания.

Для защиты от поражения электрическим током предусматриваются следующие меры:

- инструктаж об опасностях электрического тока и меры борьбы с ним;

- обеспечение недопустимости прикосновения к токоведущим частям;

- применение пониженного напряжения;

- изоляция токоведущих частей;

- заземление;

- общие меры безопасности: применение резиновых ковриков, бот, перчаток и др.;

- применение средств индивидуальной защиты – прорезиненных, водонепроницаемых рукавиц.

Для защиты от обрушения горных выработок предусматриваются следующие меры:

- постоянный контроль проходки горных выработок геологической службой рудника (контроль свойств руд и пород);

- проходку горных выработок вести строго с соблюдением проектов, технологического регламента и паспортов крепления (постоянный контроль отставания временного и постоянного крепления);

- постоянный контроль качества крепления горных выработок;

- проведение очистных работ с обязательным соблюдением проектов;

- своевременная закладка отработанных камер и постоянный контроль недозакладки очистного пространства.

Для защиты от действия УВВ предусматриваются следующие меры:

- производство взрывных работ со строгим соблюдением паспортов БВР;

- производство взрывных работ с применением забойки;

- применение короткозамедленного взрывания;
- производство взрывных работ в межсменный перерыв.

Для защиты от прорывов воды предусматриваются следующие меры:

- тампонаж всех разведочных скважин;
- постоянный контроль проходки горных выработок геологической и маркшейдерской службами рудника (контроль опасных зон);
- сооружение водонепроницаемых перемычек;
- опережающее бурение (с использованием коллектора и трехходового крана);
- в выработках главного водоотлива использование резервных насосов.

В виде коллективных мер по безопасности работ предусматривается:

- оборудование телефонной связи и специальной сигнализации для оповещения подземных работ о возникновении аварии;
- освещение выработок стационарными светильниками;
- проведение профилактических работ (обучение, сдача экзаменов по правилам безопасности) среди рабочих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». М.: НПО ОБТ, 2014.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах». М.: НПО ОБТ, 2014.
3. Трубецкой, К.Н. Основы горного дела: учебник, М.: Академический проект, 2010. 230 с.
4. Ломоносов, Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений, М.: Горная книга, 2011. 518 с.
5. Городниченко, В.И. Основы горного дела: учебник для ВУЗов, М.: Горная книга, 2008. – 464 с.
6. В.А. Гребенюк, Я.С. Пыжьянов, И.Е. Ерофеев. Справочник по горнорудному делу. М.: Недра, 1983.
7. А.О. Баранов. Проектирование технологических схем и процессов подземной добычи руд. М.: Недра, 1993.
8. Единые нормы выработки и времени на подземные очистные, горнопроходческие и нарезные горные работы для шахт и рудников горнодобывающей промышленности. М.: Недра, 1980.
9. Ю.С. Пухов. Рудничный транспорт. М.: Недра, 1991.
10. К.З. Ушаков, Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирич. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело. Учебник для ВУЗов. Изд. 2-е стереотип: МГГУ, 2002 г.
11. СНиП 3.02.03–84. Строительные нормы и правила. Подземные горные выработки. М.: 1985.
12. СанПиН №3905–85. Санитарные правила для предприятий по добыче и обогащению рудных, нерудных и россыпных полезных ископаемых. М.: Министерство здравоохранения СССР, 1985.
13. Егоров, П.В. Основы горного дела: учебник, М.: Горная книга, 2006. - 408 с.
14. Казикаев, Д.М. Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд: учебное пособие, 2-е изд., М.: Горная книга, 2013. 224 с.
15. Каплунов, Д.Р. Комбинированная разработка рудных месторождений: учебное пособие, М.: Горная книга, 2012. 344 с.
16. Пучков, Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов: в 2 т. т. 2., М.: Горная книга, 2013. 720 стр.

Учебное текстовое электронное издание

**Гнедых Анатолий Петрович
Волков Павел Владимирович
Мажитов Артур Маратович**

**ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Учебное пособие

3,01 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2018 год
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых
Центр электронных образовательных ресурсов и
дистанционных образовательных технологий
e-mail: ceor_dot@mail.ru