

Лекция 1.

Введение

Совместное рассмотрение вопросов подземной разработки скальных месторождений редкометальных и радиоактивных руд вызвано тем, что по своей сложности месторождения редких металлов и радиоактивных руд представлены сложными и весьма сложными рудными образованиями, относящиеся по классификации к III и IV группам месторождений. Такие рудные месторождения представлены изменчивыми как по простиранию, так и по падению рудными телами, с изменчивыми контурами, раздувами и пережимами, резкой изменчивостью содержаний полезных ископаемых, сложной морфологией, т.е. характеризуются непостоянством горно-геологических и горно-технических параметров. Эти месторождения требуют особого подбора систем разработки, с помощью которых можно наиболее полно и эффективно извлекать из недр ценные полезные компоненты, представленные большим разнообразием редких элементов: литий, тантал, ниобий, цезий, бериллий, олово, вольфрам, молибден, сурьма, висмут и др.; радиоактивные – уран. Главной особенностью таких систем разработки являются низкие показатели потерь при добыче и переработке.

Учебное пособие состоит из введения и семи глав.

Первая глава посвящена горнотехнической характеристике руд и рудных месторождений. Во **второй главе** рассмотрены вопросы вскрытия и подготовки рудных месторождений. В **третьей главе** дана технология проведения горизонтальных и вертикальных горных выработок. В **четвертой главе** рассмотрены вопросы классификации порядку изучения систем разработки месторождений полезных ископаемых. **Пятая глава** посвящена технологическим процессам очистной выемки. В **шестой главе** дается характеристика полноте использования недр. И в **седьмой главе** кратко изложены вопросы прогнозирования напряженно-деформированного состояния горного массива.

Глава 1

ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1.1. Основные понятия и термины

Полезными **ископаемыми** называются те минералы и горные породы, которые могут с достаточным экономическим эффектом добываться из недр в целях дальнейшего использования.

Рудой называется естественное минеральное вещество, из которого при промышленной переработке могут быть с достаточным экономическим

эффектом извлечены содержащиеся в нем металлы или полезные минералы.

Руда, таким образом, представляет собой полезное ископаемое, которое всегда требует переработки для извлечения из него содержащихся металлов и минералов. Она бывает:

1) по составу:

- металлической, это - черные, цветные, редкие и радиоактивные металлы;
- неметаллической, это - апатит, соли, фосфор, сера, слюда, графит;

2) по содержанию полезного компонента:

- богатые;
- средней ценности (рядовые);
- бедные;

3) по местоположению:

- отбитая - отделенная от массива;
- добытая - выданная на поверхность;
- товарная - после усреднительного склада готовая к отгрузке потребителю.

Месторождением полезного ископаемого называется естественное отложение последнего в толще земной коры, более или менее резко отличающееся от окружающей породы. Пространственная обособленность является характерным признаком месторождения как геологически самостоятельного образования. В зависимости от вида полезного ископаемого различают: рудные месторождения, угольные месторождения, месторождения солей и т. д. Рудное месторождение - природная система, объединяющая генетически связанные и пространственно сближенные рудные зоны. Месторождение служит сырьевой базой отдельного рудника и как единое целое рассматривается на стадии проектирования системы его вскрытия.

Рудная зона - природная система, состоящая из генетически связанных и пространственно сближенных рудных залежей. Как единое целое рудная зона рассматривается при проектировании горно-капитальных работ.

Рудная залежь - система сближенных рудных тел, приуроченных к единой тектонической зоне или узлу сопряжения нескольких зон. Рудная залежь, как единое целое, рассматривается на стадии проектирования горноподготовительных работ.

Рудное тело - природная система, представленная рудными скоплениями и разделяющими их безрудными прослоями, объединенными в едином контуре согласно действующих промышленных кондиций. Рудное тело, как единое целое, рассматривается при проектировании нарезных и очистных работ. **По морфологии рудные тела делятся на:**

- пластовые - стабильной мощности с четкими контактами руды с пустой породой;
- пластообразные - с нестабильной формой и мощностью;

- линзообразные - в форме эллипсоида вращения под различными углами падения;

- жильные - в виде сплетения толстых шнуров и лент;

- штокообразные - в виде неправильной объемной фигуры (гнезда, шары, кочки и т.п.), не поддающейся простому геометрическому описанию;

- штокверковые - также в виде неправильной объемной фигуры, состоящей из густой сети различно ориентированных рудных прожилков.

Месторождение **считается промышленным**, если разработка его при данных условиях и данном уровне техники экономически целесообразна; в противном случае месторождение **считается непромышленным**.

Горные породы, окружающие месторождение или заключенные среди полезного ископаемого и не содержащие совсем или содержащие слишком мало металла (полезного минерала) для промышленной переработки, называются **пустой породой**.

Понятия «руда» и «пустая порода», так же как и понятия «промышленной» и «непромышленное» месторождение, весьма относительны и зависят от многих условий: от состояния техники добычи и переработки, от экономгеографических условий данной местности, наличия путей сообщения; от условий залегания месторождения, его запасов, масштаба предприятия; степени трудности переработки руды и др.

Так, например, известняк в качестве полезного ископаемого в громадных количествах добывается специальными карьерами для металлургического или цементного производства, в то время как такой же известняк может считаться пустой породой, когда он окружает разрабатываемое рудное месторождение свинца.

В настоящее время медистый колчедан считают рудой при содержании меди до 1%, в то время как раньше в качестве руды шел колчедан с содержанием меди не ниже 2—2,5 %. Различные представления о руде и пустой породе в данном случае объясняются усовершенствованием техники добычи и переработки руды.

Понятия о промышленном месторождении меди, расположенном, например, в центральной части РФ или где-либо на крайнем севере, будут существенно отличаться вследствие благоприятных экономгеографических условий в первом случае и крайне неблагоприятных — во втором.

Месторождения с одинаковым содержанием металла в руде могут оказаться: одно — промышленным, при благоприятных геологических условиях (большой мощности, небольшой глубине залегания и т. д.), другое, при неблагоприятных геологических условиях, — непромышленным. Аналогично влияет трудность обработки руды — извлечение из нее металлов.

Кроме этих факторов, очень большое влияние оказывают потребность в том или ином металле, необходимость приблизить добычу руды к существующим металлургическим заводам и металл к месту его потребления.

Металл в руде редко встречается в чистом, самородном виде, большей же частью он находится в виде химических соединений — рудных минералов, например: железо в виде гематита - Fe_2O_3 ; магнетита - Fe_3O_4 ; медь — в виде халькопирита - CuFeS_2 ; свинец — галенита - PbS и т. д.

Рудные минералы в свою очередь почти всегда находятся в смеси с другими минералами, не имеющими промышленной ценности. Эти сопутствующие минералы большей частью совсем не содержат металла и называются рудной или жильной породой (кварц, кальцит, бурый железняк).

Таким образом, руду с минералогической и промышленной точки зрения можно рассматривать как смесь одного или более рудных минералов с минералами, содержащимися в пустой породе.

В практике и литературе, кроме термина «руда», применяется термин **рудная масса**, под которой подразумеваются, руда и пустая порода, смешанные при добыче и выдаваемые на поверхность без разделения. В этом случае рудой, в строгом смысле слова, считают минеральное вещество в том составе и с тем содержанием металлов, в каком оно находится в месторождении.

Содержание металлов в рудной массе, выдаваемой на поверхность, по сравнению с содержанием в руде в месторождении, уменьшается не только за счет засорения ее пустой породой при добыче так называемого **разубоживания** руды, но иногда и за счет потери при добыче наиболее богатых металлом рудных минералов.

Горной массой называется вся выдаваемая на поверхность масса руды и породы как в смешанном виде, так и раздельно. Сюда относится и пустая порода, поступающая из подготовительных выработок.

1.2. Промышленная характеристика руд

Для целей настоящего курса необходимо дать характеристику руд по тем их свойствам и признакам, на которые опирается изучение способов вскрытия и систем разработки рудных месторождений. !

По составу рудных минералов руды делятся на:

- а) руды с **самородными** металлами; такие руды, содержащие благородные металлы, в природе встречаются очень редко;
 - б) **окисленные** руды, т. е. окислы, карбонаты и сульфиты (Fe_2O_3 ; $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; ZnO ; MnO_2 ; PbCO_3 и т. д.);
 - в) **сернистые** руды (сульфиды — CuFeS_2 ; PbS ; ZnS и т. д.);
 - г) **смешанные** руды — смесь руд первых трех групп.
- Промышленные месторождения железных и марганцевых руд

представлены в природе исключительно окисленными рудами, а руды цветных металлов — преимущественно сернистыми, окисленные руды цветных металлов характерны для верхних горизонтов месторождений и являются поэтому предметом разработки в первый, начальный период деятельности рудника. Значительная часть работающих рудников цветных металлов в РФ уже пережила этот период и разрабатывает сернистые руды.

Содержание металлов в руде оказывается различным вследствие изменения количественного соотношения рудных минералов и рудной породы или в результате изменения количества прослоев и включений в руде пустой породы. Размер этих включений и возможность отделить их от руды в процессе добычи или только впоследствии оказывают большое влияние на выбор системы разработки.

В зависимости от **объемной массы руды** в массиве различают: тяжелые руды — с объемной массой более $3,5 \text{ т/м}^3$; средние — с объемной массой от 2,5 до 3,5 и легкие — ниже $2,5 \text{ т/м}^3$.

После отделения руды от массива, которое сопровождается раздроблением ее на куски, руда в отбитом виде занимает больший объем. Отношение объема, который руда занимает в отбитом виде, к объему, который она занимала в массиве, называется **коэффициентом разрыхления**. В зависимости от крупности и формы кусков отбитой руды коэффициент разрыхления колеблется в средних пределах 1,4—1,7. Следует отметить, что эти цифры характерны только для разрыхления руды, свободно лежащей в виде кучи. Коэффициент разрыхления при погрузке в сосуды (вагонетки, бадьи) заметно возрастает за счет образования там большого количества промежутков между отдельными кусками; это количество промежутков тем больше, чем больше отношение размера кусков к поперечному сечению сосуда.

По проценту кусков различной крупности, получающихся при добыче, руда характеризуется ее кусковатостью. Градации крупности в практике применяются различные. Часто применяется следующая градация: 1) мелочь — от рудной пыли до кусков с поперечными размерами 100 мм; 2) средней крупности — куски от 100 до 250—300 мм; 3) крупнокусоватая — от 250—300 до 500 мм; 4) очень крупная — куски от 500 мм и больше.

Кусковатость руды зависит, помимо ее физических свойств и строения, от применяемого способа отбойки.

По строению руды делятся на: массивные — плотные, без трещин и слоистости; трещиноватые, слоистые и рыхлые.

Очень важными и неблагоприятно отражающимися на разработке являются свойства некоторых руд к слеживанию, окислению, возгоранию и самовозгоранию при продолжительном их лежании в отбитом виде в кучах на поверхности и особенно на месте добычи, под землей.

Слеживание. Склонность к слеживанию проявляют руды только определенного состава и притом в различной степени. Одной из главных причин слеживания является присутствие в руде глинистого и вообще липкого и тонкого материала, который при наличии определенного количества влаги и рудной мелочи связывает отдельные куски руды в плотную и трудно поддающуюся разделению массу. Слеживанию и уплотнению способствуют время и давление верхних слоев отбитой руды на нижние.

Склонность к слеживанию при отсутствии тонкого и липкого материала проявляют некоторые типы сульфидных руд, в частности пирротин в присутствии воды. Здесь причина слеживания находится в тесной связи с окислением поверхности кусков руды и образованием на ней пленки сульфатов, обладающих способностью «спекаться». На рудниках «Североникель» никель-содержащие пирротины слеживаются настолько сильно, что образуют глыбы, с трудом разбиваемые молотом.

Свойство слеживаемости руды причиняет большие затруднения при разработке и заставляет иногда отказываться от некоторых эффективных систем разработки.

Окисление сульфидных руд при долгом их хранении в отбитом виде неблагоприятно отражается на процессе их обработки — флотации, понижая коэффициент извлечения рудных минералов.

Колчеданные руды с высоким содержанием серы в раздробленном состоянии при известных условиях проявляют склонность к **возгоранию** и даже к **самовозгоранию**. Подземные пожары, при которых возгорается колчеданная руда, представляют бедствие, очень трудно поддающееся ликвидации и приносящее большой материальный ущерб.

По **влажности** руды делят на: мокрые, влажные и сухие. Влажность руды зависит не только от того, насколько велик приток воды в шахте, но в еще большей степени от влагоемкости руды. Так, на рудниках Кривого Рога в мокрых забоях (рудник им. К. Либкнехта) одна разновидность руды «синька» поглощает до 200—280 л воды на 1 м³; другая — «красная руда» — 140—190 л, а боковые породы — кварциты — и несколько раз меньше.

1.3. Крепость и устойчивость руды и породы

Крепость и устойчивость руды и пород, окружающих месторождение, стоят в ряду важнейших факторов, влияющих на способ разработки месторождения.

Крепость руды влияет не только на выбор способа разработки, но и на отдельные приемы работ, на выбор применяемых при добыче машин, на производительность труда, расход материалов, интенсивность работ, стоимость добычи.

Всякая порода обладает совокупностью элементарных физических свойств — твердостью, вязкостью, упругостью. Они оказывают влияние на сопротивление данной породы при бурении, взрывании, копании и т. д.

Эти свойства зависят как от минералогического состава породы и ее структуры, так и от степени ее выветрелости, трещиноватости, слоистости и пр. Очень часто породы одного и того же минералогического состава и названия, вследствие различной степени трещиноватости и выветрелости, обладают совершенно различной твердостью и вязкостью, а поэтому при добывании оказывают различное сопротивление. В связи с этим применяемые для их добывания инструменты и способы работ существенно различаются.

Проф. Б. И. Бокий делит породы по степени добываемости на пять групп: а) рыхлые и сыпучие; б) мягкие; в) ломкие; г) крепкие; д) весьма крепкие.

Породы первой и второй групп могут добываться без применения взрывных работ, в породах третьей группы взрывные работы уже отчасти применяются, а породы четвертой и пятой групп добываются только с помощью взрывных работ.

Эта классификация проста, логична, но обладает тем недостатком, что одну и ту же по составу и названию породу можно в различных случаях субъективно относить к одной из двух смежных групп, в зависимости от степени трещиноватости руды, ее выветрелости.

Более четкими границами для отнесения пород к той или иной категории обладает классификация пород по их крепости, предложенная проф. М. М. Протодяконовым. Крепость породы характеризуется «коэффициентом» f , который является отвлеченным числом, показывающим, во сколько раз данная порода крепче или слабее другой породы, коэффициент крепости которой условно принят за единицу.

Применение «коэффициента крепости» дает возможность выражать с помощью специальных расчетных формул примерную производительность работ; расход материалов и пр. для каждой породы.

Проф. М. М. Протодяконов, крупнейший русский ученый в области горного дела, впервые разработал теорию добываемости горных пород и выявил зависимость между физическими свойствами горных пород и их сопротивляемостью при различных производственных процессах добывания, выразив некоторые из этих зависимостей в виде простых формул

Теория М. М. Протодяконова после его смерти (1929 г.) была развита дальше многочисленной школой его последователей, и в настоящее время ни в одной стране вопрос о физических свойствах и добываемости горных пород не разработан так глубоко, как в РФ.

Несмотря на то, что расчетные формулы М. М. Протодяконова опираются в основном на устаревшие теперь данные дореволюционной техники горного дела в России и нуждаются в поправках, основные

теоретические положения в работах М. М. Протодяконова, а также и многие его формулы сохранили свое значение до настоящего времени.

Упомянем здесь попутно о большом значении для горной науки работ М. М. Протодяконова по вопросам давления горных пород, рудничного крепления и рудничной вентиляции.

В практике для установления нормы затраты труда, материалов и времени сейчас пользуются классификациями горных пород по показателям эффективности отдельных производственных операций, в частности — классификациями пород по буримости и взрываемости.

Из построенных по этому признаку наиболее известны классификации А. Ф. Суханова, Главзолото и Единая классификация горных пород. При рассмотрении систем разработки мы убедимся в особой важности свойств буримости и взрываемости пород и в том, что понятия «буримость» и «взрываемость» и практических целях не всегда можно обобщать единым понятием «крепость». Легкая буримость породы при плохой ее взрываемости и наоборот — трудная буримость при легкой взрываемости часто наблюдаются при разработке руд и оказывают большое влияние на конструктивные элементы системы разработки. Термином «крепость» можно пользоваться только для общей характеристики руды и породы.

Устойчивость горных пород выражается в способности их стоять без обрушения при обнажениях снизу и с боков. Устойчивость руды, и вмещающих пород оказывает настолько большое влияние на выбор системы разработки, что в основу большинства классификаций систем разработки рудных месторождений принят способ поддержания выработанного пространства, который в свою очередь зависит от устойчивости руд и пород.

Одна и та же порода, в зависимости от незначительных различий в текстуре и структуре, от степени трещиноватости, выветрелости, от разного рода геологических нарушений, гидрогеологических условий ведет себя различно при подработке снизу и с боков. В одних случаях она допускает значительные обнажения, простаивая годами без обрушения, в других — требует поддержания в отдельных местах и не оказывает большого давления на крепь и в третьих — обрушается при сравнительно небольшом обнажении сразу или через некоторое время.

Помимо этой группы причин, обнимающих собой естественные условия, на устойчивость породы оказывают влияние внешние условия: форма и направление выработки, глубина выработки под дневной поверхностью, время, в течение которого стоит выработка, и др.

Известные в литературе показатели крепости и устойчивости пород дают поэтому только общую качественную характеристику породы в отношении ее устойчивости, но не позволяют определить величину допускаемого обнажения породы или возможную величину давления ее на крепь.

Для целей выбора системы разработки и способа поддержания выработанного пространства пользуются следующим разделением пород по их устойчивости.

1. **Породы весьма неустойчивые**, не допускающие даже незначительных обнажений в кровле и боках выработки без крепления. Эти породы требуют обычно применения опережающей крепи в кровле, а иногда и в боках. При разработке рудных месторождений с такими породами (сыпучими, плавучими, очень рыхлыми породами, насыщенными водой) приходится встречаться очень редко.

2. **Породы неустойчивые**, допускающие небольшие обнажения кровли и боков и требующие прочного поддержания (крепления, закладки) непосредственно вслед за выемкой, встречаются чаще, нежели породы первой группы.

3. **Породы средней устойчивости**, допускающие обнажение на относительно большой площади, без необходимости принимать меры к поддержанию сразу, следом за выемкой. Потребность в поддержании этих пород возникает сразу, а со временем, и не всегда по всей площади обнажения.

4. **Породы устойчивые**, допускающие значительные обнажения кровли и особенно боков и требующие поддержания только в отдельных местах или через некоторые интервалы. Породы 3 и 4-й групп при разработке рудных месторождений встречаются наиболее часто.

5. **Породы весьма устойчивые** допускают весьма большое обнажение как снизу, так и с боков, без поддержания; в рудных месторождениях встречаются несколько реже, чем породы двух предыдущих групп.

Для оценки устойчивости горных пород с точки зрения систем разработки очень важны ход и характер обрушений: происходят ли они внезапно, в больших массах и сразу на большой площади или постепенно, на небольших участках, в виде кусков, глыб или слоев; можно ли по каким-либо внешним признакам предвидеть обрушение и его размеры, и т. д.

Часто породы сразу после обнажения не проявляют признаков неустойчивости, но через некоторое время, под действием воздуха и в присутствии воды, становятся непрочными, вываливаются большими массами или приобретают способность вспучиваться.

1.4. Характеристика рудных месторождений

На выбор способа разработки из признаков, характеризующих само месторождение, особенно большее влияние оказывают: форма, размеры, характер залегания месторождения и связь его с вмещающими породами.

Форма рудного тела оказывает большое влияние на разработку. Разработка месторождений более или менее правильной формы сопровождается меньшими трудностями, чем разработка месторождений, контуры которых неправильны и резко меняются. Однако нередки случаи, когда так называемые «правильные» месторождения — жилы и пласты — резко меняют мощность, разветвляются, делятся на пачки, прослойки пустых пород, разрываются сбросами, а «неправильные» месторождения (линзы, штоки) сохраняют больше постоянства мощности, не имеют включений пустой породы, разделяющих рудное тело на пачки, и залегают более спокойно. Кроме формы месторождения, очень важным признаком является характер его границ — контакта с вмещающими породами. В одних случаях контакт выражен резко, а в других — переход от руды в пустую породу происходит постепенно. Месторождения первого типа принято называть **простыми**, второго — **сложными**.

Часто месторождения встречаются не в виде одного рудного тела, а в виде нескольких тел. Эти совместно залегающие рудные тела бывают изолированы друг от друга породой и не связаны между собой; иногда они соединяются вместе и снова разбиваются или, одно рудное тело является главным — материнским, а остальные — его ветвями. Одни месторождения залегают спокойно, другие нарушены сдвигами, изогнуты и пр. Эти нарушения иногда разбивают рудное тело на отдельные части с большой или малой амплитудой смещения, изменяют характер руды и боковых пород, создавая месторождение сложной, меняющейся формы, влияние совместного залегания нескольких рудных тел и геологических нарушений на способ разработки очень велико.

Размеры месторождения характеризуются:

1. Мощностью, измеряемой от лежачего до висячего бока. Мощность, измеряемая по нормали и бокам, называется **истинной**, или **нормальной**, в отличие от **горизонтальной** мощности, измеряемой в горизонтальном направлении. Для крутопадающих месторождений понятие «горизонтальная» мощность применяется чаще, нежели «истинная».

Между горизонтальной и истинной мощностью существует зависимость: $C_g = C_u : \sin a$ (где a — угол падения месторождения).

В штокообразном месторождении мощностью считается меньший из его горизонтальных размеров. Большой горизонтальный размер определяет длину месторождения, а вертикальный — глубину распространения. Иногда под мощностью штока подразумевают его вертикальный размер, а горизонтальную мощность называют шириной. Последнее определение мощности и ширины целесообразно применять, когда массив имеет очень большие горизонтальные размеры по сравнению с относительно небольшим размером по вертикали, т. е. носит характер горизонтальной пластообразной залежи.

Мощность месторождения может изменяться как по простиранию, так и в глубину, причем это изменение происходит или постепенно, или резко, закономерно или случайно. Непостоянство мощности месторождения неблагоприятно отражается на его разработке.

Для характеристики месторождений с непостоянной мощностью следует указывать крайние пределы ее колебаний, а также среднюю мощность месторождения по отдельным его участкам.

Размер месторождения, кроме мощности, характеризуется длиной его по простиранию и глубиной распространения.

Длина месторождения по простиранию L может с глубиной изменяться, если месторождение имеет по своим границам склонение или скатывание. При непостоянной длине месторождения по простиранию указывают пределы изменения длины, среднюю длину или длину на различных участках по падению.

Глубина распространения H измеряется от верхней границы месторождения до нижней по вертикали или, реже, по наклону. Так же как мощность и длина месторождения, глубина его распространения на различных участках может быть неодинаковой **рудной** площадью месторождения S называется площадь его горизонтального сечения.

Мощность и угол падения месторождения оказывают решающее влияние на выбор системы разработки.

По мощности рудные месторождения принято делить на пять групп: 1) весьма тонкие; 2) тонкие; 3) средней мощности; 4) мощные; 5) весьма мощные.

1. К **весьма тонким** относятся месторождения с мощностью менее 0,7—0,8 м, при разработке которых проходка подготовительных выработок и очистная выемка сопровождаются подрывкой окружающих месторождение пород.

2. К **тонким** — с мощностью от 0,7—0,8 до 2 м — относятся месторождения, при разработке которых очистная выемка может производиться без подрывки пород, но проведение горизонтальных подготовительных выработок в большинстве случаев сопровождается подрывкой.

3. В месторождениях **средней** мощности — с мощностью от 2 до 5 м — подрывка пород не производится ни при очистной выемке, ни в подготовительных работах. Верхняя граница мощности — 5 м характеризует предел возможности применения при очистной выемке простой распорной крепи.

4. К **мощным** относят месторождения с мощностью от 5 до 15 м, очистная выемка в которых при крутом падении может производиться по простиранию во всю мощность без деления на части.

5. К **весьма мощным** относят месторождения с мощностью более 15—20 м. Очистная выемка в этих месторождениях обычно требует или

разделения их на пачки и слои, вынимаемые отдельно, или производится в направлении в крест простирания.

Приведенное деление месторождений по мощности обладает остаточной определенностью и, что очень важно, связывает понятие о мощности с условиями подготовки и очистной выемки и выбором системы разработки.

По **углу падения** наиболее распространено деление месторождений на три группы:

1) горизонтальные и пологопадающие, с углом падения от 0 до 25—30°;

2) наклонные, с углом падения от 25—30 до 45°;

3) крутопадающие, с углом падения свыше 45°. Это деление, так же как и деление по мощности, связано изменением условий разработки и применением в каждой из трех групп различных способов очистной выемки. Угол падения рудных месторождений часто изменяется на отдельных участках по линии падения и по простиранию. Эти изменения обычно проявляются не резко, распространяясь только на отдельные участки месторождения, а в целом месторождение сохраняет **генеральный угол падения**.

Геологическими запасами руды в месторождении считается все количество руды, находящееся в пределах выявленной его части, без учета экономически невыгодных для разработки участков и потерь при эксплуатации.

Согласно принятым измерениям элементов месторождения, его геологический запас T_m можно выразить формулой

$$T_m = LC_a H_a = SH_a m \quad (1)$$

где a — вес 1 м³ руды в тоннах в массиве (объемный вес руды).

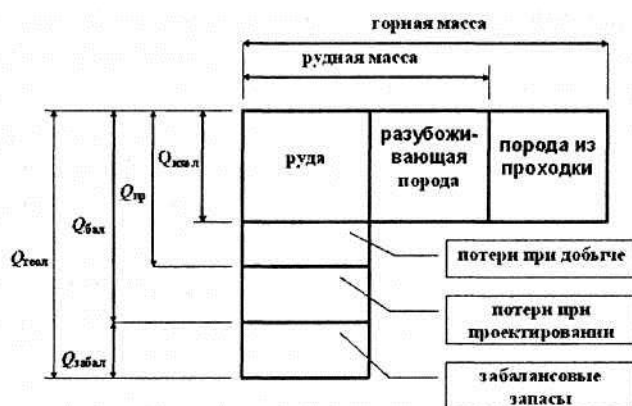
Если мощность, длина и глубина распространения месторождения непостоянны, то геологические запасы подсчитывают, разбивая месторождения на участки и суммируя запасы последних. В других случаях прибегают к понятию о средневзвешенной мощности, длине и глубине распространения.

Ввиду того, что разведка рудных месторождений, особенно имеющих неправильную форму, неясные границы, непостоянную мощность, непостоянное содержание, большую глубину распространения, требует много времени и средств, то перед началом эксплуатации детально разведывается обычно не все месторождение, а только его часть, которая заключает в себе количество руды, оправдывающее организацию рудника. В остальных участках месторождения, менее детально разведанных, запасы подсчитываются с меньшей степенью точности и используются при составлении перспективных планов развития рудника. Поэтому геологические запасы месторождения принято, как известно, делить по степени надежности и точности их подсчетов, а также по их подготовленности к эксплуатации на три категории — А, В и С₁, С₂.

Часто не весь подсчитанный геологический запас руды T_c бывает экономически выгоден для разработки, так как на отдельных участках месторождения может быть очень бедная руда, недостаточная для работ мощность или очень трудные условия разработки. Кроме того, при разработке часть промышленной руды неизбежно теряется в виде целиков и с пустой породой, теряется при местных обвалах и т. д.

Все это вместе взятое заставляет пользоваться, кроме понятия «геологические запасы», понятием «промышленные запасы».

Под **промышленными запасами** подразумеваются запасы месторождения, разработка которых экономически выгодна и которые можно извлечь из месторождения, исключив неизбежные потери при эксплуатации.



- геологические запасы ($Q_{\text{геол}}$) - запасы руды во всех выявленных зонах, независимо от ее содержания;
- балансовые запасы ($Q_{\text{бал}}$) - экономически выгодные для добычи запасы по содержанию и горным возможностям;
- промышленные запасы ($Q_{\text{пр}}$) - часть балансовых запасов, добываемая из недр, за исключением общешахтных проектных потерь руды;
- извлекаемые запасы ($Q_{\text{извл}}$) - это промышленные запасы без технологических потерь руды при эксплуатации;
- забалансовые запасы ($Q_{\text{забал}}$) - это запасы, извлекать которые пока невыгодно из-за малой мощности залежи или низкого содержания, или сложности условий добычи;
- эксплуатационные запасы - запасы, извлекаемые из недр с учетом добавки попутно отбитых вмещающих пород (с учетом разубоживания руды).

Каждое месторождение характеризуется содержанием полезного ископаемого, металла, например.

Различают содержание ископаемого:

- в массиве (балансовой руде) a_1
- в добытой рудной массе a_2 ;

- во вмещающих породах a_3 ;
- минимально-промышленное содержание a_{min} (это предельная для выгодной добычи величина одного полезного компонента руды);
- бортовое содержание $a_{борт}$ (это предельно низкое содержание руды, по которому оконтуривают месторождение, законтурная руда - забалансовая).

$$a_1 > a_2 > a_{борт} > a_{min} > a_3$$

Ценность руд определяется модулем ценности - отношением содержания полезного ископаемого в массиве к минимально-промышленному содержанию его:

$$\beta = a_i / a_{min}. \quad (2)$$

Для руд цветных металлов ценность руд подразделяется так:

- бедные $\beta = 1-1,25$;
- средней ценности $\beta = 1,26-1,9$;
- умеренно ценные $\beta = 2-2,9$;
- ценные $\beta = 3-4,9$;
- весьма ценные $\beta = 5-10$;
- исключительно ценные $\beta > 10$.

Приведенная краткая промышленная характеристика руд и месторождений дает представление об их исключительном многообразии, объясняющем многообразие и сложность способов разработки.

Глубокое знание промышленной характеристики разрабатываемого или проектируемого к разработке месторождения является совершенно обязательным условием, без которого правильная и эффективная разработка невозможна.

1.5. Отличительные особенности рудных месторождений

Приведем главные отличительные особенности рудных месторождений:

- 1) разнообразные формы залегания и размеры рудных тел;
- 2) разнообразные мощности — от нескольких сантиметров до сотен метров; частое непостоянство мощности в пределах одного и того же месторождения;
- 3) разнообразие углов падения — от 0 до 90°; возможность изменения угла падения в пределах данного месторождения; преобладание крутопадающих месторождений;
- 4) частые случаи совместного залегания нескольких генетически связанных рудных тел;
- 5) довольно частое оруденение боков и неясность границ; наличие ответвлений, и прожилков от основного рудного тела;
- 6) разнообразная крепость руды и боковых пород; разнообразный, удельный вес руды;

7) непостоянство содержания металла в руде; довольно частое наличие включений пустой породы в руде.

1.6. Значение геологоразведки и предъявляемые к ней требования

Чтобы решить вопрос о целесообразности разработки рудного месторождения, и прежде чем приступить к составлению проекта рудника, необходимо данное месторождение разведать, получить достаточные сведения об его промышленной характеристике.

Нет необходимости и не всегда бывает возможно (в частности по времени) разведать все месторождение до начала его эксплуатации в одинаковой степени детально. Участки месторождения, намечаемые к эксплуатации в первую очередь, в первые годы работы рудника обычно разведываются более детально, а остальная часть месторождения — менее детально. Важно только, чтобы до начала проектирования рудника и ввода его в эксплуатацию разведкой был надежно установлен такой запас руды, который обеспечивает работу рудника (и горного предприятия в целом) на необходимое время.

В практике геологическое изучение месторождения обычно состоит из трех стадий: **предварительной, детальной и эксплуатационной разведки.**

В стадии **предварительной разведки** запас руды, форма и размеры рудных тел, характеристика руды и вмещающих пород определяются приближенно. В результате предварительной разведки решается основной вопрос — об экономической целесообразности эксплуатации месторождения.

В задачу **детальной разведки** входит выявление таких данных о месторождении, которые позволяют уточнить величину запасов руды по категориям, правильно выбрать эффективный способ разработки месторождения и отдельных его частей, технологию переработки руды, установить возможный и оптимальный масштаб добычи руды из месторождения.

Принципиальной разницы в задачах детальной разведки, проводимой до начала эксплуатации, и эксплуатационной разведки, проводимой в процессе отработки месторождения нет. Последняя уточняет и пополняет данные, полученные первой. Вопрос о взаимной связи между разведкой и разработкой, о правильном использовании данных разведки очень важен для успеха работы предприятия, особенно при непостоянных, сложных месторождениях.

Тесное сотрудничество разведчика и горняка, взаимопонимание и постоянный контакт в их работе могут быть осуществлены только при отчетливом усвоении взаимных требований.

Основные требования, предъявляемые к разведке нового месторождения, сводятся к следующему:

1. Установить запасы руды по категориям А, В, С₁, С₂ и среднее содержание металла в рудах каждой категории, а отсюда — полный запас металла по этим категориям.

По результатам разведки подсчитываются **геологические запасы**, пересчет на **промышленные** может быть произведен лишь после технико-экономических расчетов, устанавливающих пределы экономической выгоды разработки.

2. Выявить данные для полной характеристики месторождения. Дать характеристику окружающих пород по их петрохимическим, минералогическим, структурным и прочим признакам, физическим свойствам, устойчивости, водоносности и др. При этом важно дать характеристику пород, не только непосредственно примыкающих к месторождению, но и пород, залегающих около и на них, вплоть до поверхности.

3. Для целей обогащения и разработки выявить данные о химической природе рудных минералов, их количественном соотношении, возможности изменения этих соотношений и появления новых рудных минералов с глубиной, о характере связи рудных минералов с вмещающими породами.

4. Получить необходимые данные о гидрогеологии месторождения и вмещающих пород и рельефе поверхности. Установить генезис месторождения.

5. Дать геологический прогноз как в отношении рассматриваемого месторождения, так и в отношении всего района в целом.

К **геологической разведке** разрабатываемого месторождения предъявляются следующие основные требования:

1. Для вновь разведываемых участков полностью, за небольшими исключениями, осветить все перечисленные выше пункты требований, предъявляемых к разведке нового месторождения.

2. Перевести разведанные ранее запасы из низших **категорий** в высшие.

3. Уточнить данные о характере рудного тела и боковых пород подготавливаемых и эксплуатируемых участков. Опробование забоев. Подсчет запасов руды и металла в подготовленных к выемке блоках.

4. Надзор за геологическими нарушениями, ответвлениями **рудного тела и указание направления для проходки подготовительных выработок.**