



ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ

Преподаватель: Кембаев Максат
Кенжебекулы Доктор PhD, сениор-лектор
кафедры «Геологической съемки, поисков и
разведки месторождений полезных
ископаемых»

E-mail: k.maksat@mail.ru



9 лекция - Влияние морфологии, условий залегания и вещественного состава руд на технологию и разработку полезных ископаемых.

Месторождения по запасам минеральных ресурсов подразделяются на уникальные, крупные, средние и мелкие; по площади они могут быть мелкими, средними и большими, иногда в десятки километров.

Морфоструктурные особенности месторождений (форма и размеры, пространственное положение тел полезных ископаемых среди вмещающих пород, закономерности внутреннего строения, тектоническая нарушенность и др.) имеют важное значение при решении вопросов их рационального освоения, влияют на способы разработки, способы и схемы вскрытия и подготовки, выбор параметров систем разработки и производственных процессов.

Морфология тел полезных ископаемых

Морфология (морфо-форма) тел полезных ископаемых определяется их очертаниями в различных плоскостях. Приняв за основу очертания тел в трех системах плоскостей (разрезов), взаимопересекающихся под прямыми углами, можно получить приближенные модели их объемной конфигурации в пространстве.

Форма тел полезных ископаемых может быть самой разнообразной. Однако учитывая специфику их отработки и применяемые при этом технические средства, отмечают общую тенденцию к упрощению форм при оконтурировании. Обычно они приводятся к объемам, ограниченным плоскими поверхностями.

По соотношению площадей рудных контуров в трех системах разрезов выделяются изометричные, плоские и вытянутые вдоль одной оси тела.

В изометричных телах рудоносные площади во всех системах плоскостей приблизительно равновелики. К ним относятся штокверки, штоки, гнезда и шлиры. Изометрическая форма тел месторождений характерна для золоторудных, свинцово-цинковых, медных и молибденовых.

Столбчатая для алмазоносных кимберлитов, некоторых рудных постмагматических месторождений молибдена, свинца и цинка, железа.

Пластовую форму имеют магматические, скарновые и гидротермальные месторождения; особенно широко распространены пластовые тела полезных ископаемых осадочного генезиса. Жилы различной формы широко представлены на постмагматических месторождениях.

Форма и размеры тел полезных ископаемых определяют общие размеры горного отвода, карьерных, рудничных и шахтных полей, способы и схемы вскрытия и подготовки месторождений.

Штокверки - это большеобъемные (от сотых долей до $n \cdot 1 \text{ км}^3$) блоковые структуры, сложной формы, насыщенные жилами, прожилками и участками вкрапленной рудной минерализации, пригодными для валовой отработки. Они могут быть изотропными, если величина изменчивости по всем трем системам разрезов одинаковая, или анизотропными при различной степени изменчивости. Анизотропное строение чаще всего обусловлено развитием разноориентированных систем трещин с рудной минерализацией (рисунок 1).

Месторождения штокверкового типа уникальны по запасам. Например, месторождения меди (Чукикамата, Чили), молибдена (Гендерсон, США), вольфрама (Верхнее, Кайракты), олова (Пыркыкайское, п-ов Чукотка).

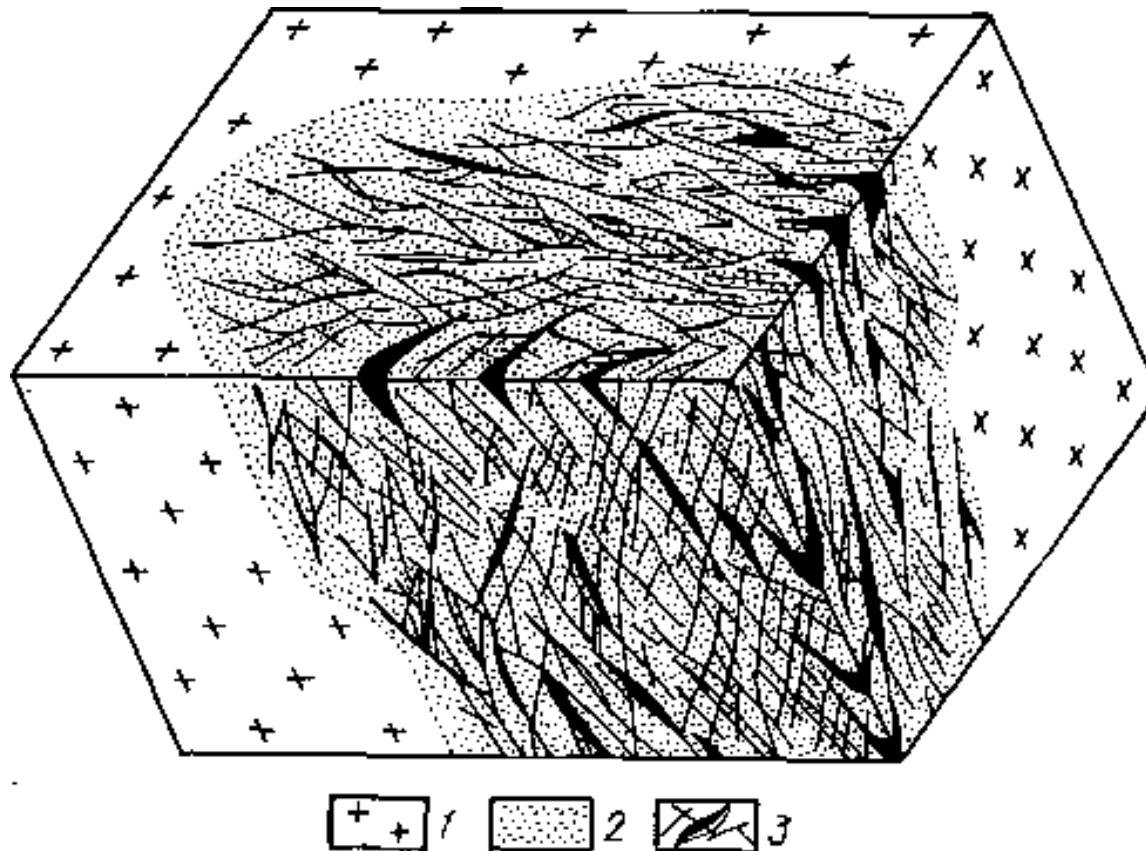


Рисунок 1 – Блок-диаграмма рудного штокверка. *По В.И. Смирнову:*
1 — граниты; 2 — рассеянная рудная минерализация; 3 — рудные жилы и
прожилки

Шток характеризуется значительными размерами и высокой концентрацией полезных компонентов. В рудном штоке бывают интенсивно проявлены метасоматические процессы, приводящие к образованию свинцово-цинковых залежей. Известны штоки метаморфизованных железных руд, например, месторождения Кривого Рога. Нередко отмечается секущее положение штока. Например, соляной диапир в Прикаспийской впадине.

Гнездо в отличие от штока имеет меньшие размеры, изометричную форму и слабоволнистые контуры. Гнездовое оруденение характерно для сурьмяных, и в особенности ртутных, месторождений.

Шлиры - это небольших размеров минеральные обособления, не имеющие резких переходов во вмещающие их изверженные породы.

Плоские тела также моделируют в трех взаимно ортогональных системах разрезов в соответствии с направлениями анизотропии. Направление максимальной изменчивости совпадает с мощностью, а минимальное и промежуточное - соответственно с простиранием и падением (шириной) тела. Последние два, наиболее протяженные направления находятся в продольной плоскости.

Поперечным плоскостям соответствуют одно короткое измерение (мощность) и другое - либо по простиранию, либо по падению.

К плоским телам относятся простые и сложные пласти и жилы. Их проецируют при пологом залегании на горизонтальную, а при крутом падении на вертикальную плоскости. Эти проекции, удобные в практическом отношении, используются при проектировании разведочных и эксплуатационных горных выработок и скважин, подсчете запасов.

Проекции, поперечные к простиранию, - разрезы - и падению - погоризонтные планы, являются наиболее информативными моделями глубинной структуры месторождения, морфологии и внутреннего строения его рудных тел и вмещающих пород.

Пластовые залежи характерны для экзогенных, некоторых позднекристаллизационных магматических и вулканогенных гидротермальных месторождений, а пластообразные для ликвационно-магматических, скарновых и альбитит-грейзеновых месторождений. Пластовые тела большей частью сингенетичные с осадочными и вулканогенно-осадочными формациями и иногда занимают большие территории.

Тела жильной формы распространены: почти во всех эндогенных месторождениях, особенно в гидротермальных. Жильные тела могут быть секущими или согласными.

Известны разнообразные формы жил (рис. 2, *a, в, г, д, е*). Простые жилы имеют форму плит. Сложные жилы могут быть ветвящимися, линзовидными, четковидными, камерными, лестничными. Ответвления и прожилки, отходящие от жил во вмещающие боковые породы, называются *апофизами*. Последние могут быть значительных размеров и даже разрабатываться. По взаимному расположению жилы делятся: на радиальные, кулисообразные, параллельные и другие, а также прожилковые зоны. Они избирательно приурочены к определенным структурно-формационным комплексам.

Тела, линейно вытянутые по одной оси, имеют трубчатую или удлиненную призматическую форму. Для них информативной является система разрезов (сечений), ортогональных к оси тела, совпадающей с единственным направлением анизотропии, поскольку в плоскости кругового сечения тело практически изотропно. Трубчатые тела характерны для магматических, карбонатитовых и скарновых месторождений (см.рис. 2, *б, в, е*).

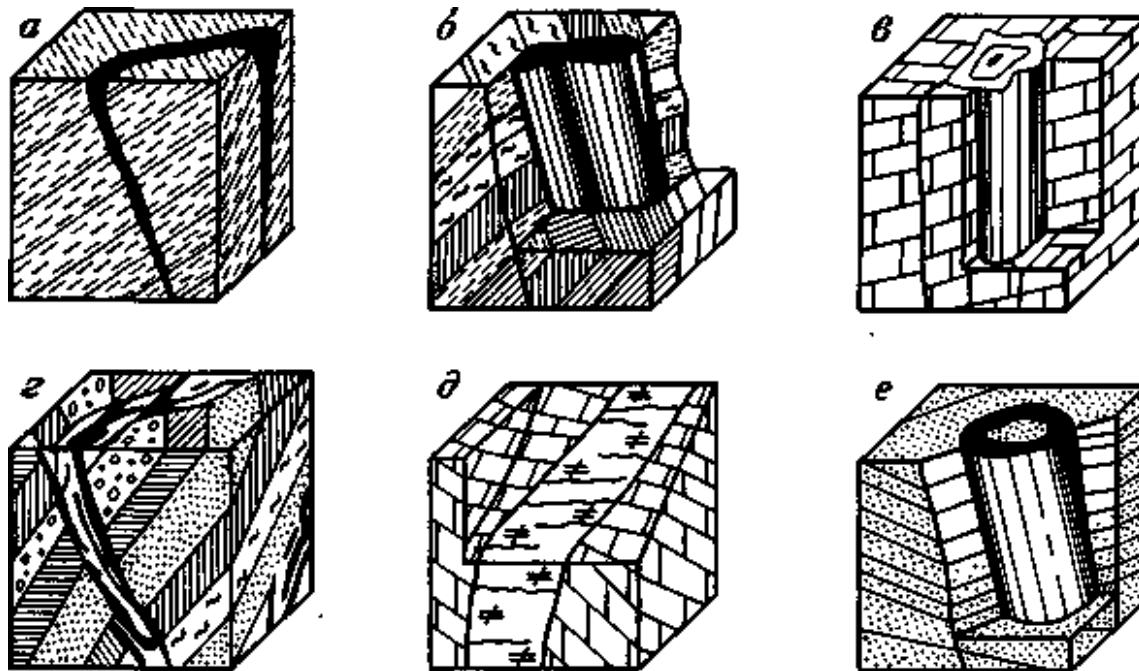


Рисунок 2 – Секущие жильные и трубчатые рудные тела. По А.В. Королеву, П.А. Шехтману:
 а — жила; б — рудный столб; в — трубчатая жила сплошная; г — сплошная жила; д — лестничные жилы; е — трубчатая жила кольцевая

Залегание тел полезных ископаемых по отношению к вмещающим слоистым породам может быть *секущим* (см.рис. 2) или *согласным* (рис. 3), а по отношению к интрузирующими магматическим породам выделяют *контактовые* рудные тела (рис. 4).

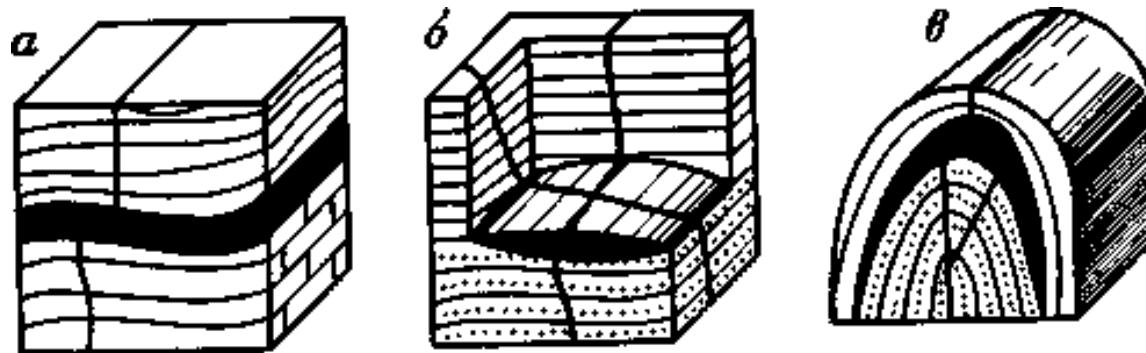


Рисунок 3 – Согласные рудные тела. По А.В. Королеву, П.А. Шехтману: а — рудный пласт; б — рудная залежь; в — седловидная залежь

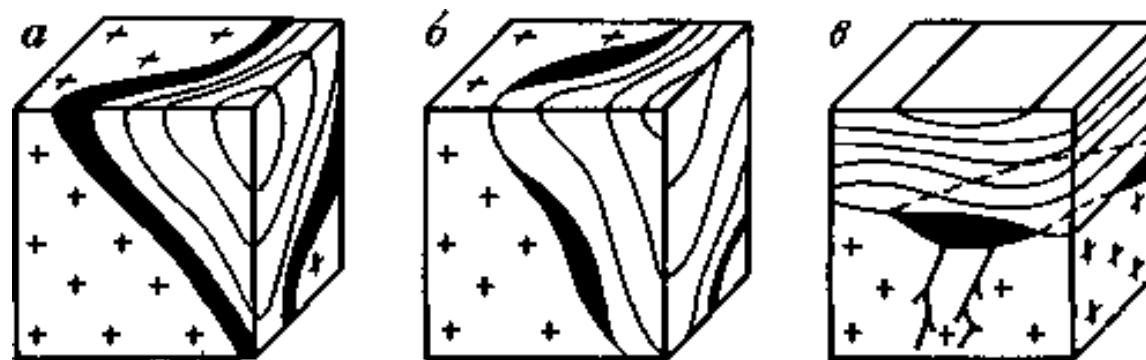


Рисунок 4 – Контактовые рудные тела. По А.В. Королеву, П.А. Шехтману: а — пластообразная рудная залежь; б — линзовидная рудная залежь; в — линза

По сложности внутреннего строения, обусловленной количественным и пространственным соотношением масс вмещающих пород и полезных ископаемых, залежи можно разделить на простые и сложные. Простые характеризуются однородным строением и отсутствием существенных прослойков и включений пустых пород. Сложные залежи наряду с кондиционным полезным ископаемым содержат его некондиционные сорта, а также прослойки и включения пустых пород с четко выраженным контактами. Включения могут быть следующих видов: редкие большие, многочисленные мелкие, чередующиеся с обособлениями полезного ископаемого.

К особому типу относятся так называемые «расредоточенные» залежи сложного строения; в их пределах кондиционное полезное ископаемое и пустые породы распределяются незакономерно и не имеют четко выраженных контактов. Такое строение залежи представляет наибольшую сложность при разведке и обосновании параметров систем разработки.

Раздельная выемка и забойная сортировка возможны лишь при некоторых системах разработки: сплошной, камерно-столбовой, горизонтальными и наклонными слоями с закладкой, с раздельной выемкой, с креплением, слоевого обрушения.

В зависимости от характера включений вопрос отработки рудных тел можно решить двумя способами:

1) оставить невынутыми включения пустых пород и некондиционных руд, если они представлены редко встречающимися крупными блоками (при системах разработки сплошной, камерно-столбовой, с креплением, горизонтальными слоями с закладкой);

2) применить забойную сортировку для выборки пустой породы из горной массы или раздельную выемку (при регулярном чередовании слоев руды и породы). Характер контактов рудных тел с вмещающими породами при весьма значительной мощности залежи (более 50—60 м) практически не влияет на выбор систем разработки, при средней мощности приобретает существенное значение, а при малой играет решающую роль.

Неправильные (неровные) контакты при малой мощности рудного тела исключают применение систем с отбойкой из магазинов и наклонных слоев с закладкой. При средней мощности рудного тела и неправильных контактах использование этих систем становится малоэффективным, а иногда и вовсе невозможным, особенно в случаях недостаточно крутого падения залежей. При неправильных или нечетких контактах тонких жил нельзя вести раздельную отбойку руды и подрабатываемых вмещающих пород.

Элементы залегания тел полезных ископаемых определяются в градусах относительно географических координат (это азимуты простирации и падения, от 0 до 360°) и горизонта (угол падения, от 0 до 90°) (рис. 5, а, б).

Азимут простирации - это угол, образованный между линией пересечения тела с горизонтальной плоскостью и географическим меридианом.

Азимут падения указывает направление падения относительно стран света (СВ, ЮВ, ЮЗ, ЮВ), отличаясь от азимута простирации на 90° .

По величине угла падения рудных тел различают залегание: субгоризонтальное (до 5°), пологое ($5-25^{\circ}$), наклонное ($25-45^{\circ}$), кроткое ($45-85^{\circ}$) и субвертикальное ($> 85^{\circ}$).

Кроме того, к элементам залегания относятся углы склонения и ныряния, характерные соответственно для жилообразных и трубчатых тел. Угол склонения образуется между направлением наибольшей вытянутости тела в плоскости падения и линией простирации (см. рис. 5, б).

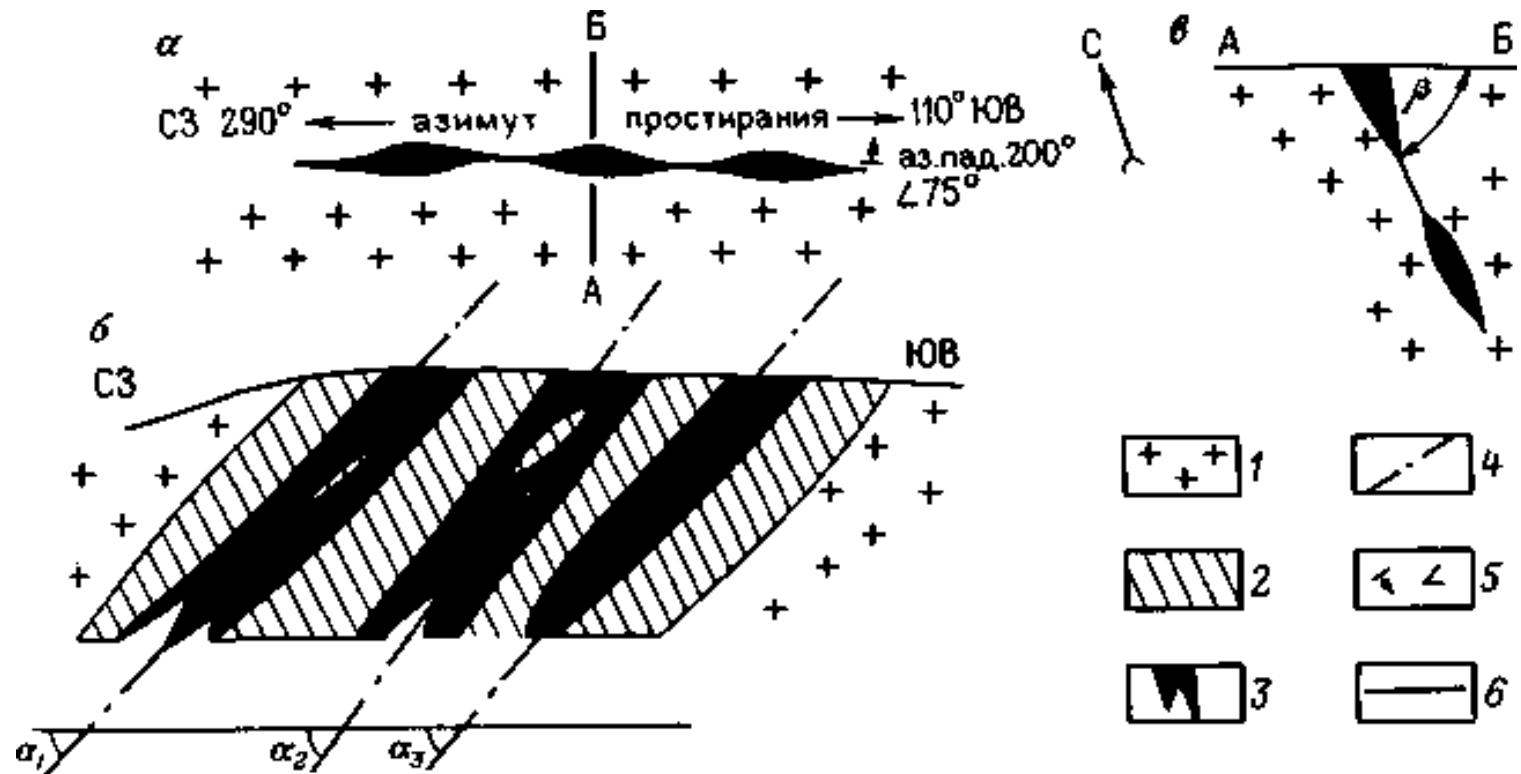


Рисунок 5. Элементы залегания жильной зоны и ее рудных столбов: а — план; б — продольный разрез или проекция на вертикальную плоскость; в — поперечный разрез: 1 — гранодиорит-порфиры; 2 — участки "пережимов" и выклинивания на флангах жильной зоны; 3 — участки "раздувов" (на проекции — рудные столбы) жильной зоны; 4 — ось рудного столба; 5 — направление азимута падения и угол падения; 6 — горизонтальная линия. α_1 , α_2 , α_3 — углы склонения рудных столбов; β — угол падения жильной зоны

Угол ныряния, или скатывания, трубчатых тел замеряется между осью тела и ее горизонтальной проекцией (рисунок 6).

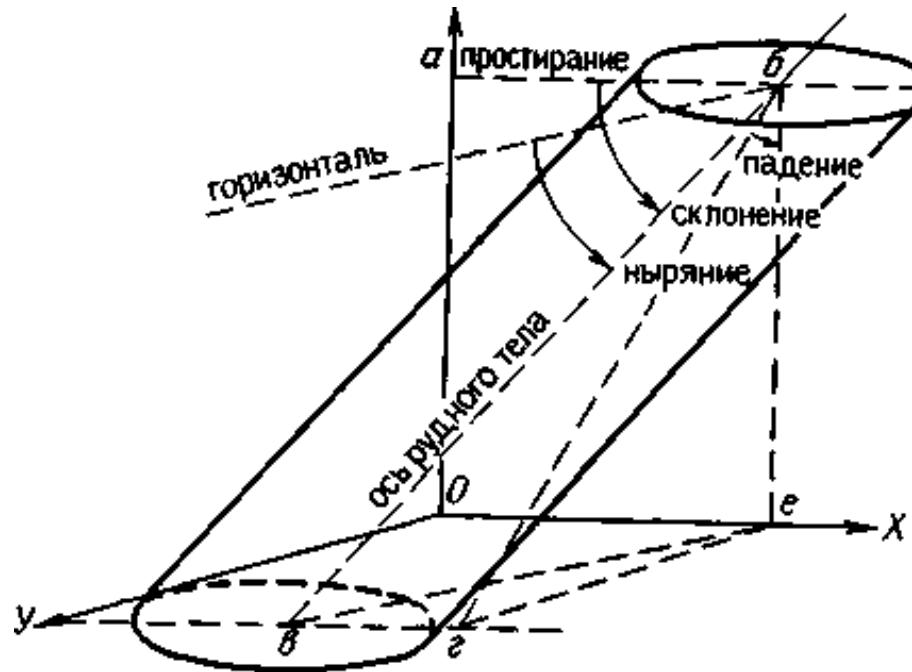


Рисунок 6 – Элементы залегания трубчатого тела. Стрелками указаны углы падения, склонения и ныряния

Условия залегания

Залежи полезных ископаемых, разрабатываемые открытым способом по углу падения объединяют в следующие группы (рис. 3):

- 1) горизонтальные и пологие (углы падения до $8-10^{\circ}$);
- 2) наклонные (от $8-10$ до $25-30^{\circ}$);
- 3) крутонаклонные (от $25-30$ до 55°);
- 4) крутые, или крутопадающие (от 55 до 90°);
- 5) сложные, характеризующиеся переменными значениями азимутов и углов падения в связи с залеганием в складчатых структурах, зонах разрывных нарушений и др.

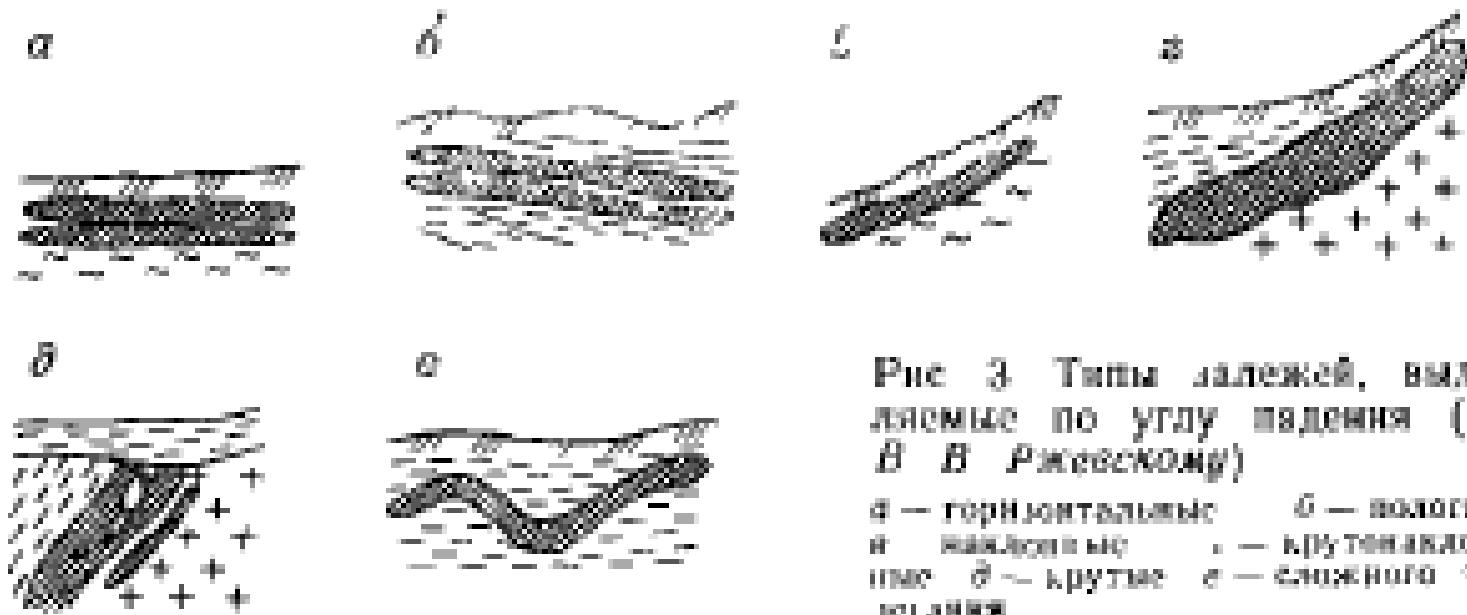


Рис. 3. Типы залежей, выделяемые по углу падения (по В. В. Ржевскому)

а — горизонтальные б — пологие
и — наклонные в — крутонаклонные
д — крутые г — сложного залегания

Рассмотренное членение залежей по углу падения принято на основе технологии ведения открытых горных работ. Так, при горизонтальном и пологом залегании вскрытие производят сразу на всю глубину карьера и, как правило, внешними траншеями. Наклонные и крутые залежи вскрывают внутренними траншеями.

От угла падения залежей зависит выбор систем разработки. Размещение отвалов в выработанном пространстве карьера возможно при разработке горизонтальных и пологих залежей с применением сплошных систем (рис. 4, а). Реже это допускается при разработке вытянутых наклонных и крутонаклонных залежей.

Условия залегания наклонных и крутопадающих тел, распространяющихся на значительную глубину, не позволяют использовать выработанное пространство для размещения пустых пород. В этих условиях широко применяются углубочные системы разработки с перевозкой вскрыши на внешние отвалы средствами транспорта (см. рис. 4, б, в).

При наклонном и крутом залегании горные породы разрабатываются в глубину. Рабочая зона, т. е. число уступов, находящихся в одновременной работе, в процессе эксплуатации изменяется. Горно-подготовительные работы выполняют в течение всего срока существования карьера. Их относительный объем на каждом уступе обычно возрастает с углублением рабочей зоны. Длина фронта уступа уменьшается, а расстояние транспортирования внутри карьера увеличивается.

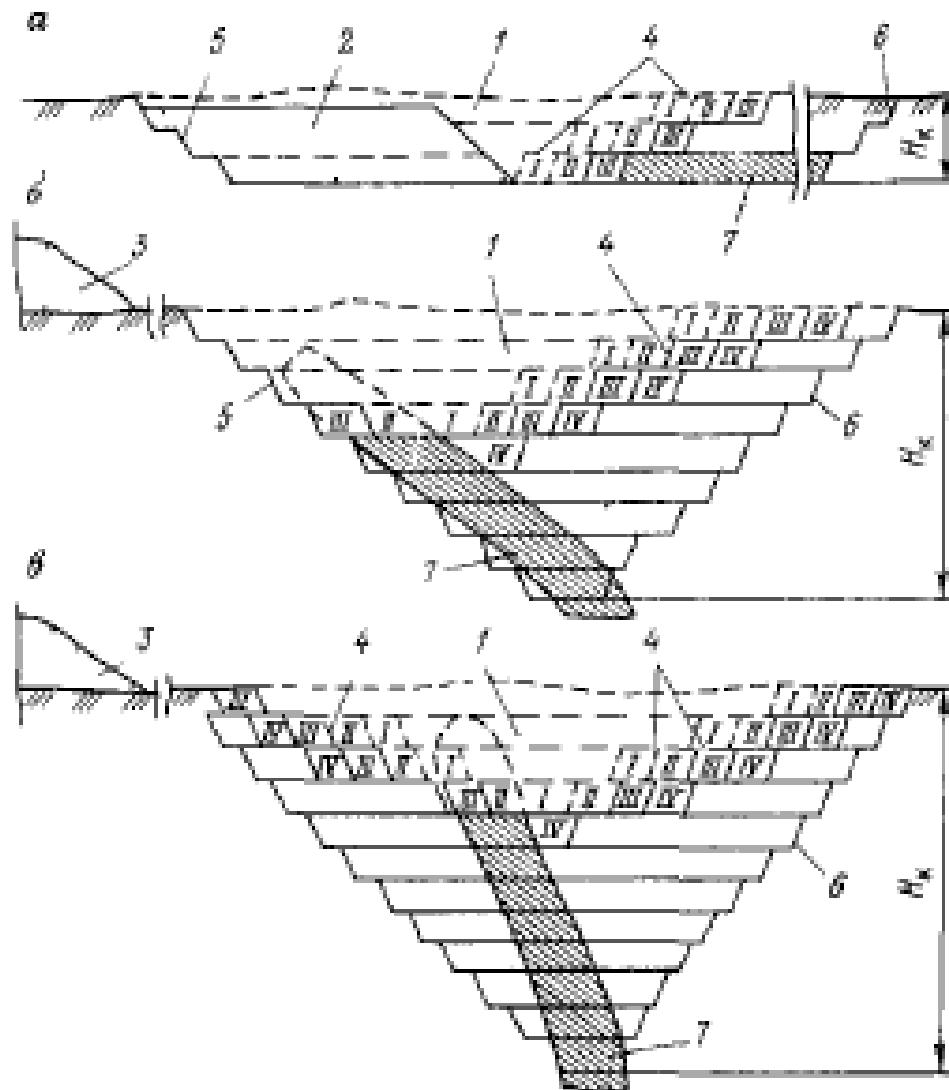


Рис. 4 Схемы открытой разработки

а — сплошной системой при горизонтальном и пологом залегании рудного тела б — уступочной системой при наклонном (б) и крутом (в) залегании
 1 — карьерное пространство, 2—3 — отвалы 3 — внутренний 3 — внешний, 4—5 — борта, 4 — рабочий, 5 — нерабочий 6 — конечный мостик карьера 7 — рудное тело I—IV — последовательность развития работ на уступах H_k — глубина карьера

При наклонном и крутом залегании горные породы разрабатываются в глубину. Рабочая зона, т. е. число уступов, находящихся в одновременной работе, в процессе эксплуатации изменяется. Горно-подготовительные работы выполняют в течение всего срока существования карьера. Их относительный объем на каждом уступе обычно возрастает с углублением рабочей зоны. Длина фронта уступа уменьшается, а расстояние транспортирования внутри карьера увеличивается.

При разработке наклонных залежей по условиям устойчивости конечных бортов карьера и размещения вскрывающих выработок обычно не требуется выемка вскрытых пород лежачего бока залежи (см. рис. 4, б). При крутом падении необходимо производить разработку вмещающих пород как висячего, так и лежачего бока залежи (см. рис. 4, в).

Для целей подземной разработки рудные месторождения делят на следующие группы:

- 1) горизонтальные и весьма пологие (с углом падения до $5-10^\circ$);
- 2) пологие (от $5-10$ до $25-30^\circ$);
- 3) наклонные (от $25-30$ до 45°);
- 4) крутопадающие (от 45 до 90°).

Мощность залежи при крутом падении ограничивает ширину очистного пространства, а при пологом — высоту блока. Поэтому влияние мощности залежи на технологию подземной разработки необходимо рассматривать в зависимости от условий залегания: отдельно при крутом и пологом падении. Рассмотрим примеры.

При крутом падении залежей технически приемлемы следующие системы разработки.

- 1) камерная — при мощности более 3 м;
- 2) с отбойкой из магазинов — обычно при малой (но не менее 1—1,3 м) мощности;
- 3) с простой распорной крепью — при малой (<3 м) мощности;
- 4) этажного обрушения — при мощных залежах;
- 5) подэтажного обрушения — при мощности не менее 2—3 м (во избежание чрезмерного разубоживания руды обрушающимися боковыми породами);
- 6) горизонтальными и наклонными слоями с закладкой, исходящей слоевая выемка с твердющей закладкой, с креплением — при любой мощности;
- 7) слоевое обрушение — при мощности не менее 1,5—2 м;
- 8) раздельная выемка тонких жил — при мощности не более 0,3—0,4 м.

При пологом и наклонном лежании залежей целесообразно применение таких систем разработки:

1) сплошной и камерно-столбовой — при средней и малой мощности;

2) камерной, с отбойкой из магазинов, этажного обрушения — в мощных залежах (в маломощных велик объем полевой подготовки);

3) горизонтальными слоями с закладкой, исходящей слоевой выемки с твердеющей закладкой, с креплением, слоевого обрушения — при большой мощности (при малой залежь может быть отработана одним слоем);

4) с однослойной выемкой — с закладкой, с усиленной распорной крепью, столбовой с обрушением — в маломощных залежах.

Следует подчеркнуть особо, что угол падения рудного тела в значительной степени определяет способ доставки полезного ископаемого в очистном пространстве, а иногда и способ (порядок) отработки. Например, в горизонтальных (до 3°) или весьма пологих (до 10°) рудных телах возможна подача непосредственно в забой соответственно составов вагонеток или самоходных вагонеток. При мощности до 40—50 м такие рудные тела разрабатываются без разделения на этажи (рис. 5). По площади они разделяются на панели или блоки.

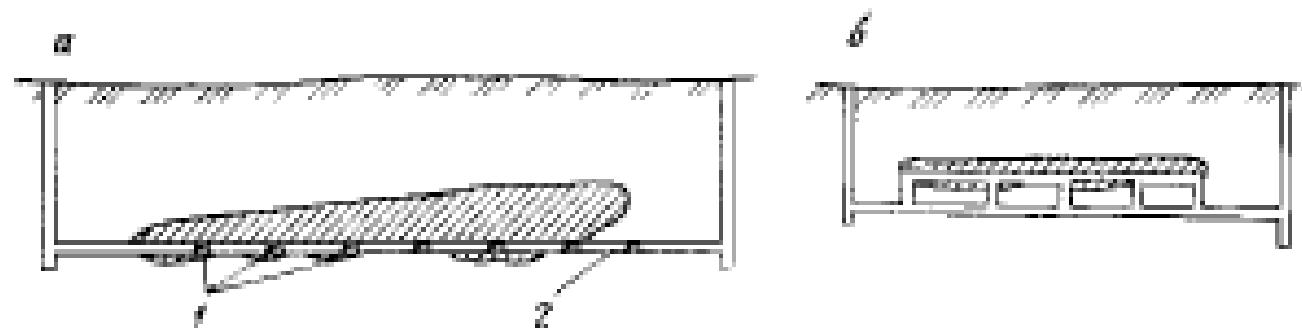


Рис. 5. Безэтажная разработка весьма пологой рудной залежи с рудной (а) и смешанной (б) подготовкой (по И. М. Панкру):
1—2 — штреки: 1 — панельный, 2 — главный

В пологих рудных телах доставка руды в очистном пространстве искусственная, а разработка безэтажная и этажная (рис. 6), обычно с наклонным днищем. Этаж разрабатывается несколькими блоками. В наклонных рудных залежах применяется гравитационная доставка руды по специальным устройствам — решеткам, желобам. Разработка этажная с горизонтальным и наклонным днищем (рис. 7). Наконец, в кругопадающих рудных телах доставка руды под действием собственной массы осуществляется непосредственно по лежачему боку. Разработка их этажная с горизонтальным днищем.

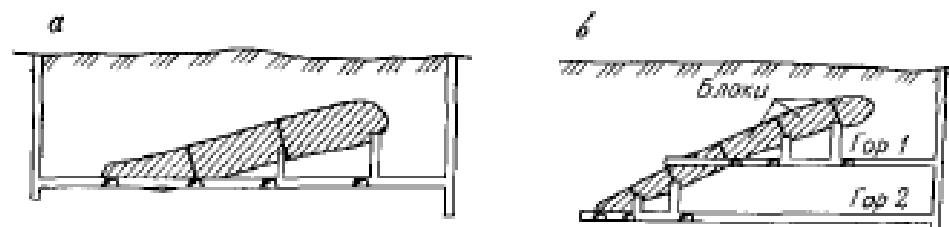


Рис. 6. Разработка пологой залежи без разделения (а) и с разделением (б) на этажи (по И. М. Пакину)

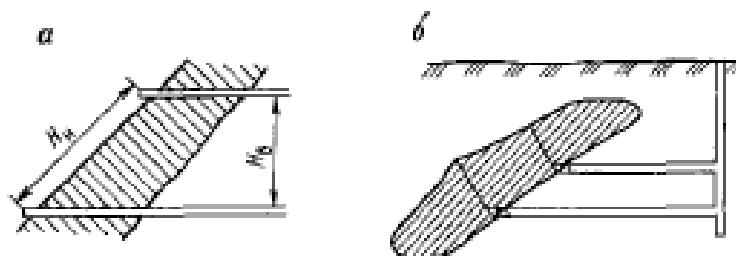


Рис. 7. Разработка наклонной рудной залежи с горизонтальным (а) и наклонным (б) днищем (по И. М. Пакину):
 H_1 и H_2 соответственно наклонная и вертикальная высота этажа

В настоящее время отсутствует единая классификация тел полезных ископаемых по мощности. Их разделяют на классы, численные пределы которых неодинаковы для разных способов разработки и условий залегания. Для открытой разработки месторождений различают залежи весьма маломощные (до 2 м), малой (2—10 м) и средней (10—20 м) мощности, мощные (20—50 м) и весьма мощные (более 50 м). Существует и другое деление. Пологие залежи считаются маломощными (4—20 м), если разрабатываются одним уступом, средней мощности (20—40 м) — двумя уступами, большой мощности (более 40 м) — тремя и более уступами. Иной подход к наклонным и крутым залежам. При разработке весьма маломощных (до 20 м) и маломощных (20—50 м) залежей начинать выемку очередного слоя можно только после полной выемки вышележащего, а залежей средней мощности (50—100 м) — и при неполной его выемке. При большой мощности залежи (100—150 м) можно одновременно вынимать несколько слоев.

Рудные тела для подземной разработки разделяют по мощности на следующие классы:

1) тонкие (мощность до 0,7—0,8 м), при очистной выемке которых производят подработку вмещающих боковых пород для создания нормальных условий работы в забое; отбойка руды мелкошпуровая;

2) маломощные (0,8—3 м), в которых подработка производится лишь при проходке подготовительных выработок; отбойка тем же способом;

3) средней мощности (3—8 м), в которых подготовительные выработки и очистные работы ведут без подработки вмещающих пород; они разрабатываются с установкой составной крепи; отбойка руды — шпурами или штанговыми скважинами небольшой длины;

4) мощные (8—30 м), которые при соответствующих условиях могут разрабатываться блоками по простиранию; отбойка руды — шпурами, штанговыми или глубокими скважинами;

б) весьма мощные (более 30 м), в которых по условиям управления горным давлением необходима разработка участками, расположеннымными вкrest простирания; так же ориентированы и целики между участками (камерами); при мощности тел более 40—50 м рудные залежи с крутым падением иногда разделяются по мощности на панели, при пологом и горизонтальном залегании — на этажи (рис. 2).

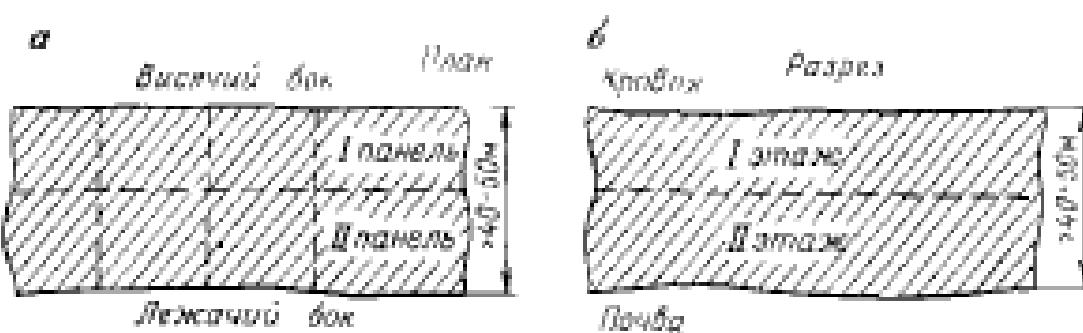


Рис. 2. Деление весьма мощных рудных тел на панели — *a* и этажи — *б* (по Н. М. Пакину)

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, ТЕКСТУРЫ И СТРУКТУРЫ РУД

Вещественный состав тел полезных ископаемых отличается от состава вмещающих пород повышенным содержанием определенных химических элементов и минеральных комплексов. Число, показывающее, во сколько раз содержание полезного компонента в руде выше его кларка в земной коре, называется *коэффициентом минимальной промышленной концентрации*.

Минеральный состав тел полезных ископаемых обусловлен условиями их образования. Магматогенные группы рудных формаций представлены гипогенными минералами, часть которых, устойчивых к окислительным процессам, переходит в экзогенные формации, представленные, кроме того, вновь образованными, так называемыми *гипергенными* минералами. В осадочных формациях их называют также *аутигенными*.

Минералы, входящие в состав рудных тел, подразделяют на *рудные*, содержащие полезные компоненты, и *жильные*, которые также могут представлять ценность как попутное сырье.

Элементы	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	Zr	Nb	Ag	Cd	In	Sn	TR	Ta	W	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	U, Th, Ra
Al	+	+	+			+																						
Ti	+		+	+		+									+	+			+	+								
V	+	+	+	+		+									+		+											
Cr	+	+	+			+																						
Mn								+	+	+	+	+									+						+	
Fe	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+									+							
Co								+	+	+	+	+																
Ni								+	+	+	+	+									+							
Cu								+	+	+	+	+										+	+	+	+	+		
Zn								+	+	+	+	+			+	+	+	+	+								+	
Ga	+							+	+	+	+	+					+											
Ge								+	+	+	+	+						+										
Zr	+																	+	+	+	+							
Nb	+	+																+	+	+	+							
Ag																					+	+	+	+	+	+		
Cd																												+
In																		+	+	+	+							
Sn	+	+																+	+	+	+							
TR																												
Ta	+																				+	+	+	+				
W																												
Pt																												
Au																					+	+	+	+	+	+		
Hg																					+	+	+	+	+	+		
Tl																												
Pb																					+	+	+	+	+	+		
Bi																					+	+	+	+	+	+		
U, Th, Ra																												

Для большей части элементов характерны оксидные (кислородные) соединения - их называют *литофильными*. Элементы с выраженным сродством с серой составляют группу *халькофильных*, а связанные с железом образуют небольшую группу *сидерофильных элементов* (рис. 7).



Рисунок 7 – Геохимические группировки и изоморфизм металлических элементов. Геохимические группировки металлов: 1 — литофильные, 2 — халькофильные, 3 — сидерофильные; 4 — изоморфизм

Изначальной формой вещественных образований, слагающих рудное тело, являются цельные или обломочные минеральные зерна, кристаллы или однородные аморфные выделения. Форма, размеры и характер срастания этих индивидов в минеральные агрегаты характеризуют *структуру руды*. Конфигурация, общая ориентировка и взаимное пространственное расположение минеральных агрегатов формируют *текстуру* руды.

Структуры руд в основном изучают под микроскопом, а текстуры руд - макроскопически в очистных и проходческих забоях, обнажениях, кернах и крупных пришлифовках. Из многообразия структур и выделяют типичные для каждого генетического класса месторождений (таблица 1).

Таблица 1 – Генетически-типоморфные текстуры и структуры руд

Генетические типы	Текстура	Структура
Магматические: ликвационные раннекристаллизационные, позднекристаллизационные	Сферидально-вкрапленная Нодулярная Шлировая	Порфировая Идиоморфнозернистая Сидеронитовая
Карбонатитовые	Полосчато-узловатая	Неравномернозернистая
Пегматитовые	Блоковая, друзовая	Срастания, зональная
Скарновые	Полосчато-унаследованная, пятнистая	Замещения
Альбитит-гнейзеновые	Прожилково-вкрапленная	Равнозернистая, зональная, замещения
Гидротермальные	Кrustификационная, прожилковая, вкрапленная	Зональная, олитовидная, порфировидная, окаймления
Выветривания	Каркасная, почковидная, пористая, ячеистая	Дендритовая
Осадочные	Оолитовая, слоистая, рыхлая	Обломочная
Метаморфические	Сланцеватая, гнейсовидная, плойчатая, дробления	Кристаллобластовая, лепидобластовая, катакластическая, порфиробластовая, роговиковая

Изучением вещественного состава и текстурно-структурных особенностей руд под микроскопом занимается наука *минераграфия*.

Для ликвационно-магматических руд типоморфной является сфероидально-вкрапленная сульфидная минерализация (рис. 8, а); свидетельством ранней кристаллизации хромитов служит нодулярная текстура (см.рис. 8, б); с поздней кристаллизацией хромитов связывают такситовую, или шлировую, текстуру (см.рис. 8, в).

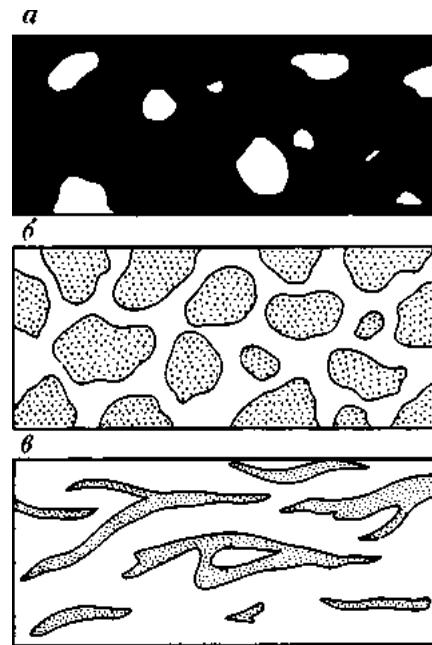


Рисунок 8 – Типоморфные текстуры рудмагматических месторождений. По С.А. Вахромееву: а – ликвационных – сфероидально-вкрапленная (белое – зерна пирротина, халькопирита и пентландита, черное – силикатные минералы); б – раннекристаллизационных – нодулярная; в – позднекристаллизационная (темное – хромшпинелиды, белое – силикатные минералы).



Рисунок 9 – Письменная текстура пегматита. Белое - микроклин, темное - кварц. 1/4 натур,

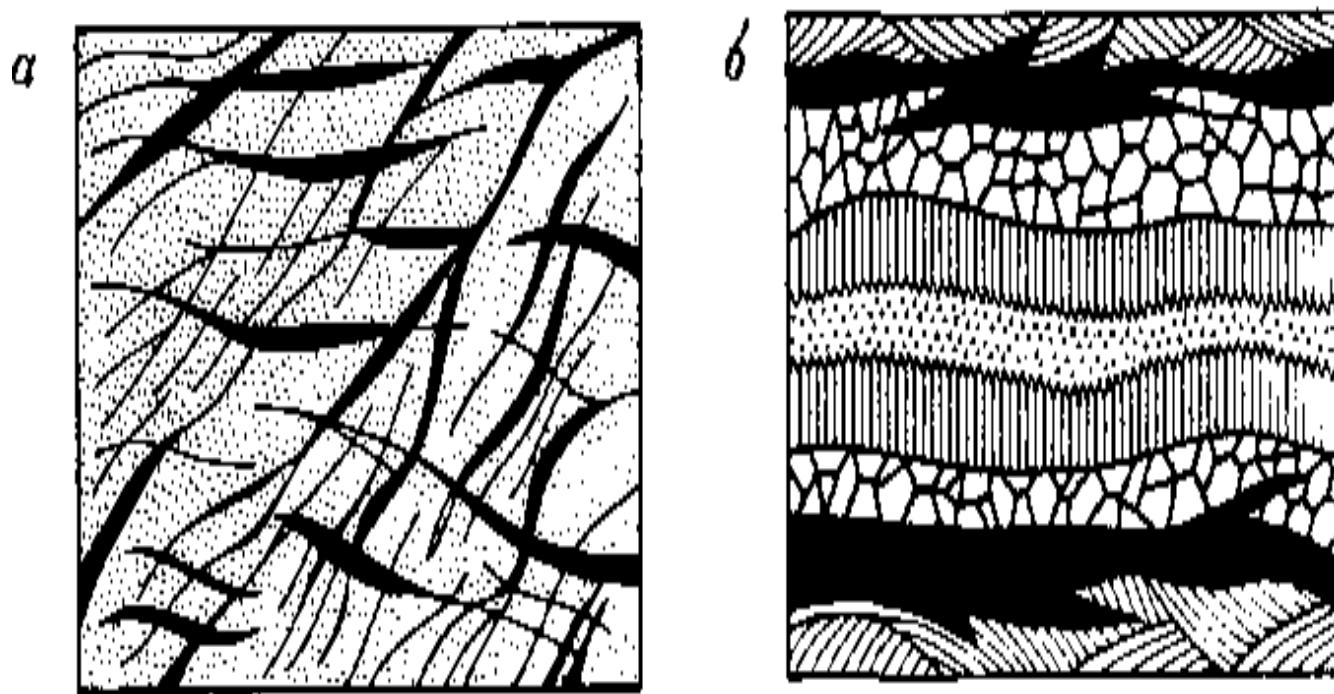


Рисунок 10 – Типоморфные текстуры руд магматических месторождений.
По С.А. Вахромееву:

а - ликвационных — сфероидально-вкрапленная (белое — зерна пирротина, халькопирита и пентландита, черное — силикатные минералы); *б* — раннекристаллизационных — нодулярная; *в* — позднекристаллизационных — такситовая или шлировая (темное — хромшпинелиды, белое — силикатные минералы)



Рисунок 11 – Пористо-ячеистая текстура бурожелезняковой (лимонитовой) руды месторождения выветривания

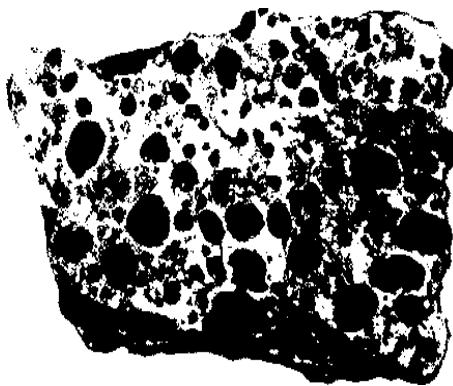


Рисунок 12 – Оолитовая текстура боксита осадочного (хемогенного) происхождения



Рисунок 13 – Полосчато-сланцевая текстура железистого кварцита

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ, УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУД НА ТЕХНОЛОГИЮ РАЗРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Морфология и условия залегания тел полезных ископаемых являются основными природными факторами, определяющими выбор наиболее рационального способа вскрытия и разработки месторождения (участка) и технологии добычи. С учетом природных и технологических факторов предусматривают глубину разработки месторождений и углы наклона бортов карьера, оптимальные размеры потерь и разубоживания. Эти факторы влияют также на выбор системы разработки, размеры эксплуатационных блоков, высоту уступов карьера.

Морфология тел зависит от вещественного состава руд. Тела простой формы с равномерным распределением рудной минерализации более благоприятны для отработки, чем сложные по форме тела с неравномерным (дискретным) оруденением.

Наиболее простые по форме – изометричные тела. Среди плоских морфологических разностей встречаются как простые по форме тела, так и сложные. Более сложную форму имеют трубообразные тела. Для большинства эндогенных месторождений с глубиной отмечается усложнение формы тел.

Изометричные объемные тела штокверкового типа независимо от сложности их внутреннего строения отрабатывают открытым способом. При выборе способа отработки тела в форме штока определяющим фактором является соотношение его размера с глубиной залегания, что выражается в величине коэффициента вскрыши; учитываются также вид полезного ископаемого и взаимодействие с окружающей средой. Так, например, шток каменной соли, залегающий близко от дневной поверхности, отрабатывают подземным способом.

На выбор способа отработки плоских по форме тел с субгоризонтальным или пологим залеганием в основном влияет их глубина от дневной поверхности. Наклонные тела отрабатывают с поверхности карьером, а на глубоких горизонтах, так же как и крутопадающие тела, - подземными системами. Кимберлитовые алмазоносные трубы разрабатывают глубокими карьерами, а трубчатые тела метасоматических, например свинцово-цинковых, руд - подземным способом. При проходке подготовительных и нарезных горных выработок следует учитывать склонение крутопадающих жил, а для трубообразных тел - величину угла ныряния.

Принятая система подземной разработки должна обеспечить, с одной стороны, возможность использования высокопроизводительных технических средств, а с другой - минимальные размеры потерь и разубоживания. При высоком качестве руд применяют закладочные системы с полной их выемкой. Тела с низким качеством и неравномерным распределением полезных компонентов разрабатываются системами с оставлением некоторой части руд в целиках.

Вещественные составы руд в естественном залегании и поступающих в переработку существенно отличаются по соотношению рудных и жильных минералов, качественной характеристике. Содержание полезных компонентов в товарной руде за счет разубоживания обычно ниже, чем в разрабатываемых запасах. Технические параметры (влажность, кусковатость и др.) перерабатываемой руды косвенно зависят от морфологии и условий залегания тела, системы и технологии разработки.

Простые по составу руды обычно перерабатывают с более высокими технологическими показателями, чем сложные руды.

При переработке комплексных руд необходимо добиваться максимального извлечения основных и сопутствующих компонентов. Последние могут извлекаться вместе с основными либо переходить в промпродукты обогащения, либо входить в состав конечной продукции, улучшая ее качество. Например, из железных руд, содержащих титан, ванадий и марганец, выплавляют специальные марки чугуна и стали. Такие руды называют природно-легированными.

При рациональном варианте обогащения комплексных руд получают селективные концентраты. Например, раздельное извлечение флотацией шеелита, молибденита, сульфидной, карбонатной и оксидной меди из руд некоторых скарновых месторождений. При металлургическом переделе молибденовых концентратов извлекают рений, медных - золото и т.д.

Технологические показатели переработки руд зависят также от их фазового состава. Часть минералов, в состав которых входят полезные компоненты, извлекать технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Так, при производстве медных концентратов практически не извлекаются силикатные и фосфатные минералы меди, также обычными методами обогащения не извлекаются станинин ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$) из оловянных руд, тунгстит ($\text{H}_2\text{W0}_4$) из вольфрамовых руд, молибдат из первичных молибденовых руд. При доменной плавке уходит в шлак силикатное железо.

Глубина залегания

В зависимости от условий образования и глубины эрозионного среза тела полезных ископаемых могут занимать различное положение относительно поверхности рельефа. Для условий открытой разработки по глубине залегания выделяют залежи следующих типов (рис. 8):

- 1) поверхностного — непосредственно выходящие на поверхность или расположенные под наносами небольшой (до 50 м) мощности;
- 2) глубинного — перекрыты толщей пород мощностью более 50 м; в пределах этого типа выделяют залежи средней (50—250 м), большой (250—500 м) и весьма большой (более 500 м) глубины;
- 3) высотного — размещающиеся выше господствующего уровня поверхности;
- 4) высотно-глубинного — расположенные выше и ниже поверхности рельефа.

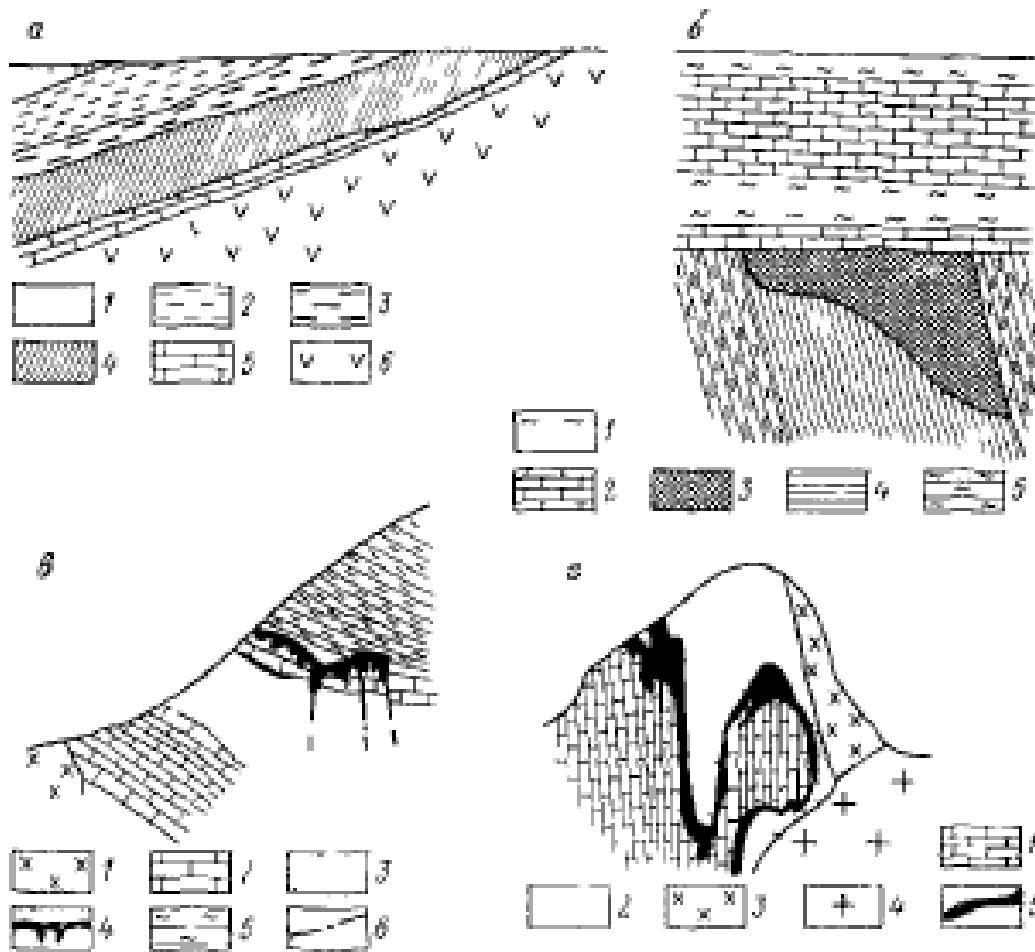


Рис. 8. Положение тел полезных ископаемых относительно рельефа

а — залежь полевошпатного типа (Куренское месторождение графита) 1 — песчаники, 2 — сланцы и кварциты 3 — графитовые сланцы, 4 — залежь графита, 5 — карбонатные породы, 6 — дайбазы 6 — залежь тунбакового типа (Ямало-Ненецкое месторождение тунбака) 1 — глины и пески, 2 — карбонатные породы, 4 — богатые руды 4 — железистые кварциты, 5 — микрокварциты, 6 — залежь мыштного типа (Ахтанская ртутное месторождение) 1 — кварциты 2 — известняки 3 — песчаники 4 — рудные тела 5 — кристаллические сланцы 6 — разрывные нарушения 6 — залежь мыштного тунбакового типа (Тырмыктузское молибденовое месторождение) 1 — массивные краяморы 2 — роговики 3 — плагиграниты, 4 — граниты 5 — рулоносые склоны

В ряде случаев важным для открытой разработки фактором является ориентировка тел полезных ископаемых по отношению к поверхности и элементам рельефа. Залежь может располагаться согласно или под каким-либо углом к поверхности рельефа, может занимать всю или часть возвышенности. От этого зависят размеры карьера по глубине и в плане, а также способы вскрытия, системы разработки, способы и схемы транспортирования карьерных грузов.

Так, внешними траншеями вскрываются горизонтальные и пологие месторождения при залегании на небольшой глубине. Для вскрытия глубокозалегающих горизонтальных и пологих месторождений применяются грулевые внутренние траншеи, а наклонных и крутых — общие внутренние траншеи. При неглубоком залегании тел используется железнодорожный транспорт и сплошные системы открытой разработки, а при глубоком — автотранспорт и углубочные системы.

Большинство рудных месторождений залегает на значительных глубинах, что обуславливает широкое распространение подземного способа разработки. Наибольшая глубина очистных работ на рудниках СССР составляет около 1 км (рудники «Октябрьский» и «Таймырский» Норильского ГМК, рудники Кривбасса) и постоянно возрастает. За рубежом горные работы ведутся на больших глубинах: в ЧССР — 1,6 км, Канаде и США — 2—2,5 км, Индии (Чемпион Риф, Колар) — 3,5 км, ЮАР (Ист Рэнд, Витватерсrand) — около 4 км.

Большая глубина осложняет ведение горных работ из-за резкого возрастания горного давления, проявляющегося в виде горных ударов, а также увеличения температуры на глубине. Залежи небольших размеров даже на больших глубинах разрабатываются с применением тех же систем разработки, что и на незначительных, но при уменьшении размеров камер, увеличении целиков

Залежи значительных размеров на глубинах 0,6—1,5 км эксплуатируются без оставления камер и целиков системами сплошной выемкой Для мощных месторождений исключаются все системы с естественным поддержанием очистного пространства При разработке крупных залежей на глубинах более 1—1,5 км предъявляются еще более жесткие требования к параметрам систем с искусственным поддержанием очистного пространства