

# «Геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»

## дисциплина

# «Геология месторождений полезных ископаемых»

## тема:

«Геологические структуры месторождений полезных ископаемых.  
Формы рудных тел, условия их залегания и внутреннее строение.  
Морфологическая классификация рудных тел. Минеральный и  
химический состав руд. Текстуры и структуры руд.»

**Кембаев Максат Кенжебекулы**

(ФИО преподавателя)

**[k.maksat@mail.ru](mailto:k.maksat@mail.ru)**

(Электронная почта преподавателя )

Минеральные агрегаты, представляющие собой полезные ископаемые, залегают в земной коре в виде геологических тел различной формы. Форма, размеры и пространственная ориентировка тел полезных ископаемых среди вмещающих пород определяют их морфологию. Морфологические особенности месторождений полезных ископаемых зависят от условий их образования, а также от геологического строения тех участков земной коры, к которым они приурочены. Изучение морфологии и условий залегания тел полезных ископаемых имеет большое практическое значение, особенно для составления рациональных проектов разведки и эксплуатации месторождений.

## **Понятие «морфология тел полезных ископаемых» включает в себя:**

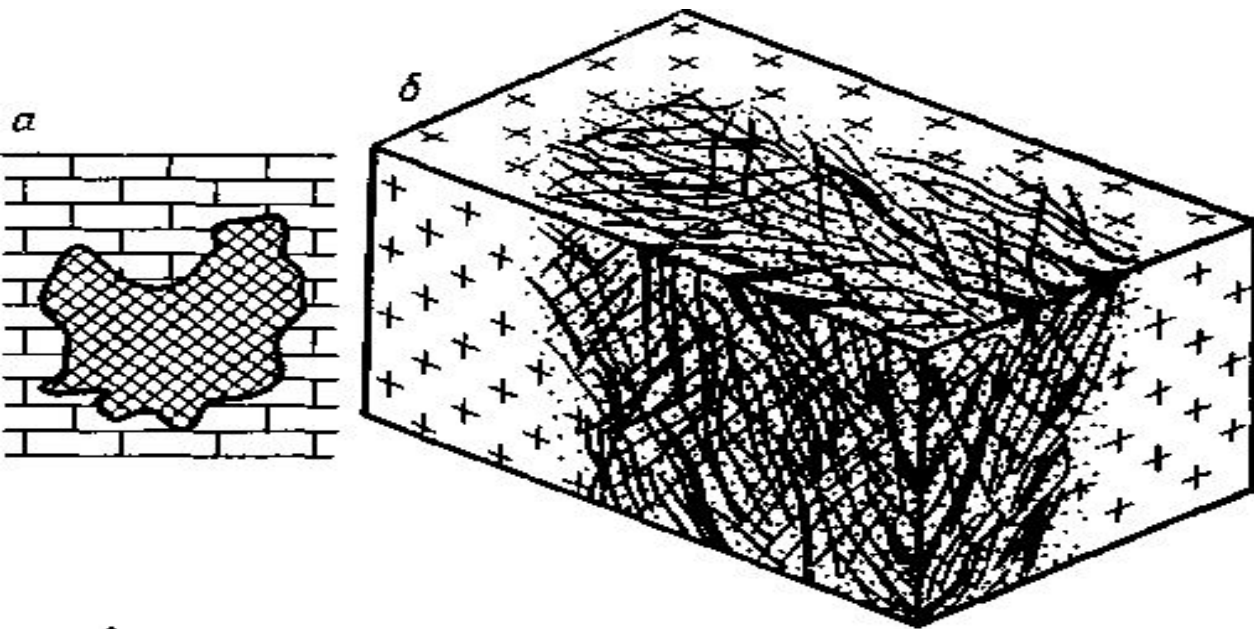
- 1) формы тел;
- 2) характер и форму контактов с вмещающими породами;
- 3) характер выклинивания;
- 4) мощность и ее изменчивость;
- 5) условия залегания;
- 6) выдержанность оруденения;
- 7) соотношение с вмещающими породами по времени образования;
- 8) соотношение с элементами структур и условиями залегания вмещающих пород;
- 9) глубина залегания и распространения;
- 10) степень и характер нарушенности пострудными тектоническими процессами.

# Формы тел

Для месторождений твердых полезных ископаемых выделяют три основных морфологических типа тел:

- 1) изометричные;
- 2) плитообразные (плоские);
- 3) трубообразные.

***Изометричные тела*** приблизительно равновелики в трех измерениях. К ним относятся штоки, гнезда и штокверки.

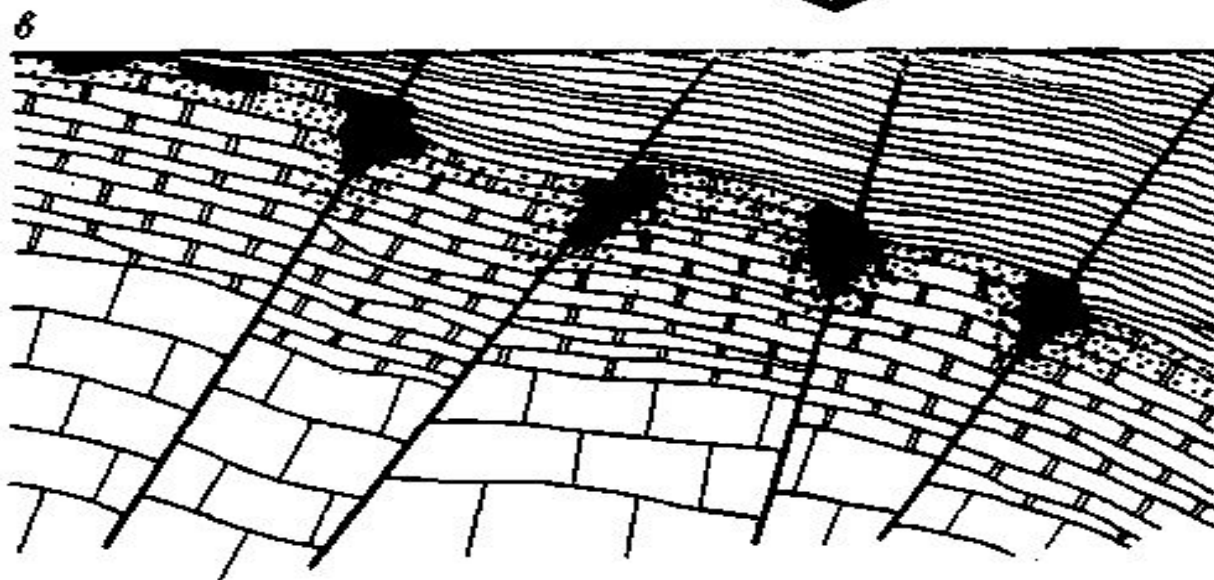


Формы  
изометричных  
тел полезных  
ископаемых:

а – шток (план),

б – штокверк,

в – гнезда  
(разрез)



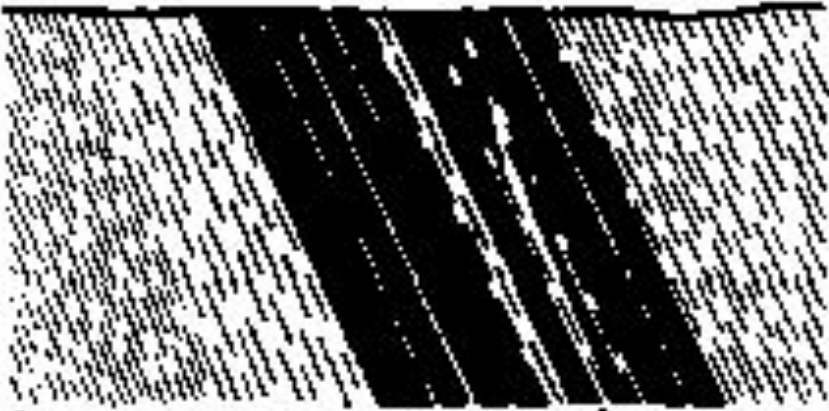
**Шток** - крупная (более 10 м) изометричная залежь сплошного или почти сплошного минерального сырья. Если размеры таких залежей не превышают 10 м, их называют **гнездами**. В качестве примера можно назвать штоки каменной соли, гнезда хромитов в ультраосновных породах. Основной элемент, определяющий форму и размеры изометричных тел, их поперечное сечение.

Когда шток или гнездо сплющены в одном направлении, образуются **линзы** и **чечевицы** – тела, переходные по форме от изометричных к плитообразным.

**Штокверк** - объем горной породы, пронизанный различно ориентированными прожилками и насыщенный вкрапленностью минерального вещества. Границы промышленной залежи в пределах штокверка устанавливаются по данным опробования. Примеры: месторождения меди, олова, молибдена и др.

**Плитообразные (плоские) тела** характеризуются двумя большими и одним (мощность) значительно меньшим размером

**а**



**б**



**в**



**Формы  
плитообразных  
(плоских) тел  
полезных  
ископаемых:**

**а** – сложный пласт,  
**б** – простая жила,  
**в** – сложная жила

**Пласт** – плитообразное тело, обычно осадочного происхождения, отделенное от других пород более или менее параллельными плоскостями напластования (подошвой или почвой и кровлей пласта). Пласты могут быть **простыми** - однородны по составу и не включают прослоев вмещающих пород, и **сложными** - состоят из чередующихся прослоев полезного ископаемого и вмещающих пород.

Пласты могут иметь раздувы и пережимы по мощности, простое или сложное выклинивание. Примерами могут являться пласты угольных, марганцевых, железорудных и других осадочных месторождений.

Тела полезных ископаемых неосадочного происхождения, близкие по форме к пластам, принято называть **пластообразными залежами**.



**Жилы** представляют собой трещины в горных породах, выполненные минеральным веществом полезного ископаемого. Их также считают плитообразными телами, поскольку, протягиваясь по простиранию и на глубину на десятки и сотни метров, они характеризуются значительно меньшим третьим измерением – мощностью, которая обычно изменяется от нескольких сантиметров до первых метров.

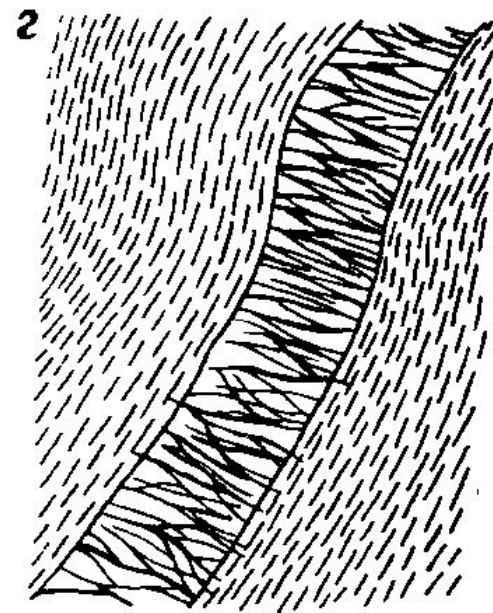
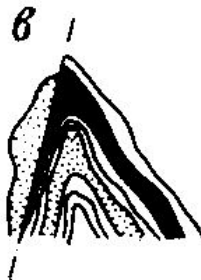
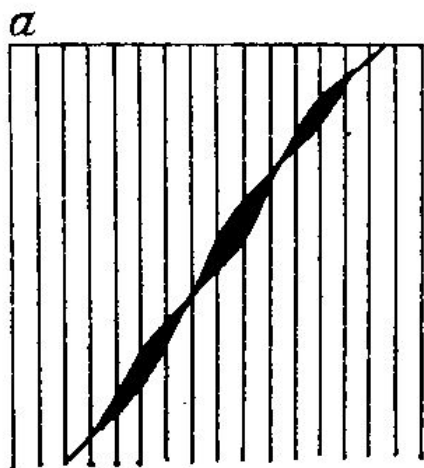
Залегание жил может быть наклонным, вертикальным, реже горизонтальным. В случае наклонного залегания породы, перекрывающие жилу, называют породами **висячего бока**, а подстилающие ее – породами **лежащего бока**. Поверхность, по которой минеральное вещество соприкасается с вмещающей породой, называют **зальбандом**. При резком уменьшении мощности жилы говорят о ее **выклинивании** или **пережиме**, при увеличении мощности – о **раздуве**.

Жилы так же подразделяются на простые и сложные.

**Простые** – одиночные минерализованные трещины;

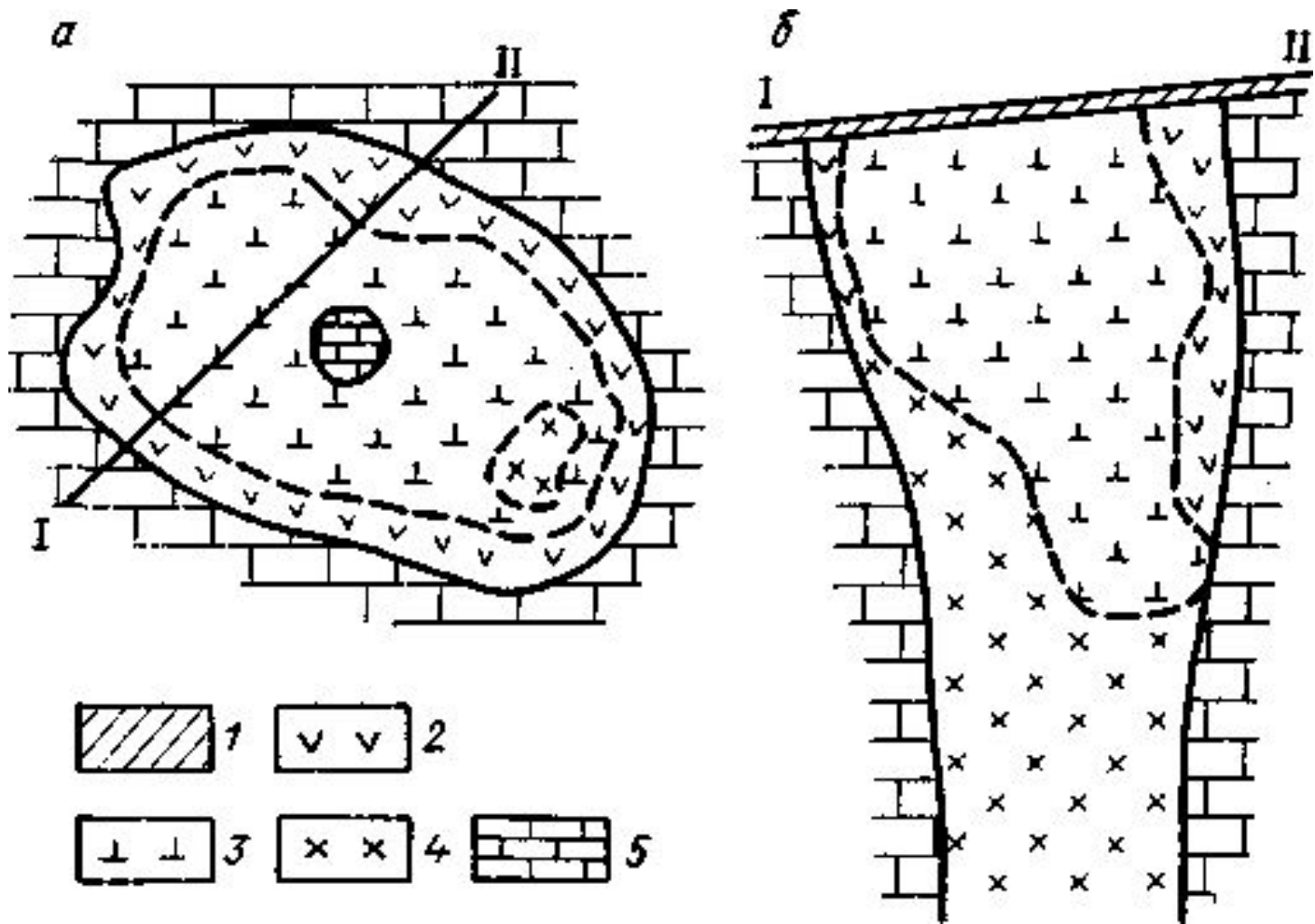
**сложные** – системы переплетающихся трещин, зон дробления, рассланцевания.

По деталям морфологии среди жил различают **четковидные (а)**, **камерные (б)**, **седловидные (в)**, **лестничные (г)**, разлистования и др.



Основными геологическими элементами, определяющими размеры и условия залегания плитообразных тел, являются направление простирания и длина по простиранию, направление и угол падения, длина по нему, а также мощность.

***Трубообразные (столбообразные) тела*** полезных ископаемых вытянуты по одной оси. Поперечное сечение таких тел может быть изометричным, эллиптическим, линзообразным.



**а – геологический план, б – разрез кимберлитовой трубки.** 1 – наносы; 2–4 – кимберлит: 2 – измененный желтый, 3 – измененный зеленый, 4 – малоизмененный; 5 – карбонатные породы

Морфология и условия залегания трубообразных тел определяются **углом погружения (или ныряния), длиной по направлению погружения и площадью поперечного сечения**. Угол погружения – это угол между осью трубообразного тела и горизонтальной плоскостью; он может изменяться от 0 до 90°. Размеры поперечного сечения и длина оси достаточно изменчивы.

Наиболее типичные представители их – алмазоносные трубки взрыва и рудные столбы. **Рудными столбы** - обогащенные полезными компонентами участки столбообразной формы, заключенные среди более бедных руд, или участки жил с резко увеличенной мощностью, которые (участки) имеют изометричное поперечное сечение и вытянуты по падению жилы. Такие рудные столбы чаще всего образуются в местах пересечения разноориентированных жил.

## ***Контакты тел полезных ископаемых***

- их границы с окружающими (вмещающими) породами. В случае наклонного или горизонтального залегания верхний контакт является ***висячим***, в нижний – ***лежачим***. По характеру контакты бывают ***четкими*** (резкими), когда граница между полезными ископаемыми и вмещающими породами видна невооруженным глазом, и ***постепенными***, если сплошная масса полезного ископаемого переходит в породу через зону постепенно убывающей вкрапленности. В этом случае граница между полезным ископаемым и породой устанавливается по результатам опробования. По форме контакты бывают ровными и сложными (извилистыми).

## **Выклинивание**

– окончание тела полезного ископаемого по простиранию и падению. Различают три основных типа выклинивания:

- 1) *простое* – когда мощность полезного ископаемого постепенно уменьшается до полного исчезновения;
- 2) *тупое* – если полезное ископаемое в направлении простирания или падения прекращается резко (например, в результате смещения по тектоническому нарушению, или срезано эрозионными процессами);
- 3) *сложное* – когда тело полезного ископаемого расщепляется на тонкие пропластки и прожилки или закономерно рассеивается.

# **Мощность полезного ископаемого**

– это расстояние между кровлей (висячим контактом) и подошвой (лежащим контактом). Мощность может быть **истинной** (кратчайшее расстояние) и **видимой** (любое расстояние между кровлей и подошвой). Помимо геологического определения мощности существуют понятия промышленной мощности полезного ископаемого. **Рабочей** считается минимальная мощность, при которой полезное ископаемое целесообразно эксплуатировать. Этот вид мощности также иногда называют **минимальной выемочной** или **кондиционной**. **Эксплуатационной** называется суммарная мощность полезного ископаемого и породы, прихватываемой в процессе разработки. **Полезная мощность** определяется как сумма мощностей пропластков полезного ископаемого в пределах эксплуатационной мощности.



Месторождения плитообразной формы бывают как однопластовые, так и многопластовые. В последнем случае вводится понятие «**продуктивной толщи**» и ее мощности – как суммы мощностей полезного ископаемого и окружающих пород. В этом случае может разрабатываться как вся продуктивная толща, так и каждое рудное тело или группа тел отдельно друг от друга. Богатство продуктивной толщи определяется **коэффициентом продуктивности** (для угленосных толщ) *или* **коэффициентом рудоносности** (для других видов полезных ископаемых) – отношением суммарной мощности полезного ископаемого к общей мощности продуктивной (рудоносной) толщи.

**Условия залегания** тела полезного ископаемого характеризуют его положение в пространстве. Здесь помимо линии простирания, линии падения и угла падения добавляются еще два: линия восстания и склонение.

**Линия восстания** направлена в противоположном от линии падения направлении – в сторону наибольшего подъема тела. Угол восстания равен углу падения.

**Склонение** тела полезного ископаемого – отклонение по мере углубления длинной оси рудного тела от направления простирания. Угол, образованный длинной осью рудного тела с линией простирания называется углом склонения.

По характеру залегания тела полезных ископаемых могут иметь горизонтальное, наклонное (моноклинальное), складчатое или складчато-разрывное залегание.

# Выдержанность оруденения

Выделяются четыре типа залежей:

- 1) **выдержанные** – в пределах тела полезного ископаемого по всей его площади (и мощности) участки, не содержащие промышленных концентраций полезного ископаемого, практически отсутствуют;
- 2) **относительно выдержанные** – присутствуют участки с непромышленным оруденением или вообще безрудные, но общая площадь таких участков не превышает 25 % всей площади тела полезного ископаемого;
- 3) **невыдержанные** – внутри рабочего контура участки с нерабочей мощностью или пустыми породами занимают 25–50%;
- 4) **крайне невыдержанные** – площадь некондиционных участков или пустой породы составляет более 50 % от площади всей залежи.

Выдержанность оруденения может также характеризоваться площадным или объемным коэффициентом рудоносности ( $K_p$ ): выдержанные  $K_p$  более 0,9; относительно выдержанные  $K_p = 0,9–0,75$ ; невыдержанные  $K_p = 0,75–0,5$  и крайне невыдержанные  $K_p$  менее 0,5.

# **Классификация форм тел полезных ископаемых**

<b>По геометрическому признаку</b>	<b>По соотношению с вмещающими породами</b>	
	<b>сингенетические</b>	<b>эпигенетические</b>
<b>Изометричные</b>	<b>Шток, гнездо</b>	<b>Шток, гнездо, штокверк</b>
<b>Плитообразные</b>	<b>Пласт, линза</b>	<b>Жила, линза, чечевица</b>
<b>Трубообразные</b>	<b>-</b>	<b>Труба, рудный столб (бонанца)</b>

**По соотношению с условиями залегания вмещающих пород и элементов структур выделяют тела согласные и секущие.**

***Секущие*** – тела полезных ископаемых, пересекающие вмещающие породы, или имеющие условия залегания заметно отличающиеся от вмещающих пород и элементов структур.

***Согласные тела*** - имеют те же условия (и элементы) залегания, что и вмещающие породы. Как правило, это тела сингенетические по отношению к вмещающим породам.

***Глубина залегания***

***Глубина распространения оруденения***

***Размах оруденения***

**Глубина залегания** – это расстояние по вертикали от земной поверхности до верхней кромки тела полезного ископаемого. С этой точки зрения выделяют тела **поверхностные**, выходящие на поверхность, приповерхностные, глубина залегания которых менее 100 м, и **глубинные**, залегающие на глубинах более 100 м.

**Глубина распространения оруденения** – расстояние от земной поверхности до нижней границы оруденения. **Размах оруденения** – разность между глубиной распространения и глубиной залегания.

## **Качественные характеристики полезных ископаемых**

Изучение качественных характеристик полезных ископаемых имеет основное значение для определения параметров разведочной сети, от которых зависят полнота и достоверность геологической информации, а также продолжительность и стоимость разведки. Качественные показатели обуславливают экономические показатели горнодобывающего предприятия, т.к. с их помощью определяется количество полезных компонентов, а также технология обогащения и переработки сырья.

**Сохраняемость** (способность сохранять свои свойства без изменений при достаточно длительном хранении) применительно к минеральному сырью, это стойкость к выветриванию, окисляемость, способность к слеживанию или самовозгоранию и др. обуславливается прежде всего вещественным составом, структурно-текстурными характеристиками, а также физико-химическими и физико-механическими свойствами.

**Технологичность** (свойства, определяющие условия и особенности обогащения и переработки) – обогатимость, флотуемость, абразивность и др. зависят также от вещественного состава, структурно-текстурных характеристик и физико-механических свойств.



## **Понятие «качество полезного ископаемого» включает в себя следующий комплекс разнообразных показателей:**

- 1) вещественный (минеральный и химический) состав;
- 2) структурно-текстурные характеристики;
- 3) содержание основных, сопутствующих и вредных компонентов;
- 4) Распределение ценных и вредных компонентов в объеме месторождения или тела полезного ископаемого;
- 5) физико-механические и физико-химические свойства. Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов.

- По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

**Типами полезных ископаемых** называют их природные разновидности, выделяемые в зависимости от минерального состава, текстурных и структурных особенностей с учетом возможности пространственного обособления.

**Промышленные сорта** включают один или несколько природных типов полезных ископаемых, разработка которых рентабельна и обеспечивает необходимое качество получаемой продукции. По степени концентрации ценных минералов различают следующие сорта: богатые (массивные, сплошные), рядовые и бедные (вкрапленные) руды. По генезису руды делят на первичные (неизмененные) и вторичные.

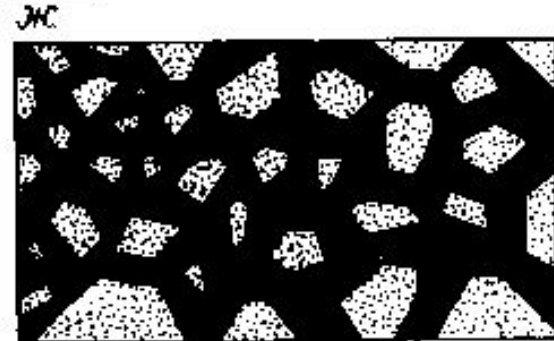
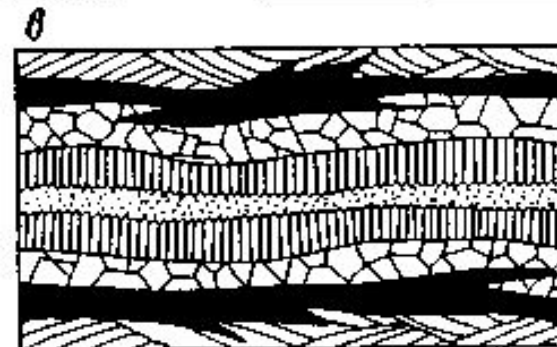
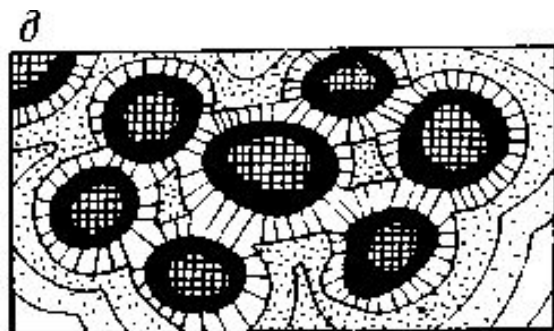
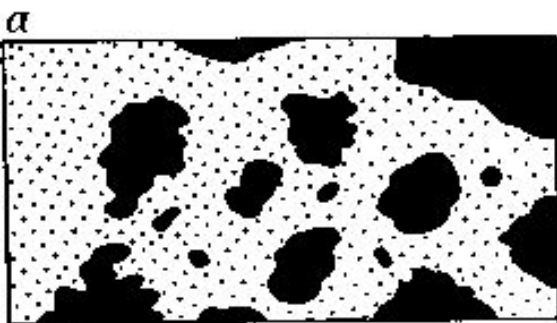
## ***Текстурно-структурные особенности***

полезных ископаемых являются важными показателями оценки качества минерального сырья для технологических целей.

Взаимоотношения минеральных агрегатов, форма, размеры и способы сочетания в них минералов влияют на схему переработки полезных ископаемых, обуславливают оптимальную крупность их дробления и измельчения, обеспечивающую наиболее полное раскрытие зерен и извлечение полезных компонентов в соответствующие концентраты.

**Текстура полезных ископаемых** определяется пространственным взаиморасположением минеральных агрегатов, отличающихся друг от друга по составу, форме, размерам и структуре. По масштабам проявления выделяют мега-, макро- и микротекстуру. Первая характеризует крупные по площади минеральные агрегаты, взаимоотношения между которыми изучаются в естественных или искусственных обнажениях. Макроструктура различается визуально в отдельных штуфах полезного ископаемого. Микротекстура наблюдается под микроскопом.

По морфологическим признакам выделяются следующие типы текстур полезных ископаемых: **массивная, пятнистая, полосчатая, прожилковая, сфероидальная, почковидная, дробленая, пустотная, каркасная, рыхлая.**



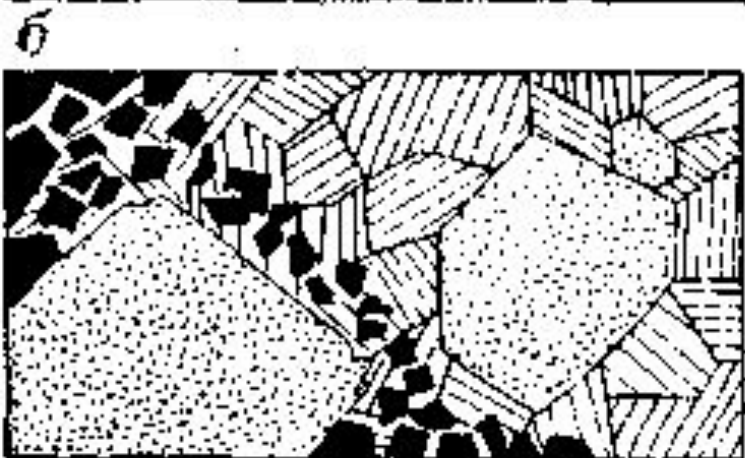
**Типы текстур  
полезных ископаемых  
(по В.И.Смирнову):**

- а – пятнистая,
- б – полосчатая,
- в – крустификационная,
- г – прожилковая,
- д – кокардовая,
- е – оолитовая,
- ж – брекчиевая

## ***Структура полезных ископаемых***

определяется формой, размерами и способом сочетания отдельных минеральных зерен или их обломков в пространственно обособленных минеральных агрегатах. Микроструктура изучается в мелкозернистых агрегатах под микроскопом.

Среди структур полезных ископаемых по морфологическим признакам выделяются следующие типы: равномернозернистая, неравномернозернистая, пластинчатая, волокнистая, зональная, кристаллографически ориентированная, тесного срастания, замещения, дробления, колломорфная, сферолитовая, обломочная.



Типы структур полезных ископаемых  
(по В.И.Смирнову):

- а – равномернозернистая,
- б – неравномернозернистая,
- в – кристаллографически ориентированная,
- г – дробления, д – колломорфная

**Содержание** (количество металла, оксида или минерала в единице массы или объема) полезных и вредных компонентов или минералов является важнейшей характеристикой качества полезных ископаемых.

Качество металлических и агрономических руд, горно-химического сырья определяется их вещественным составом и характеризуется содержанием полезных компонентов и вредных примесей. В коренных рудах определяется содержание металлов (меди, железа, марганца, кобальта, никеля и др.) или оксидов соответствующих элементов ( $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  и др.). Качество россыпных полезных ископаемых выражается в единицах плотности песков или горной массы ( $кг/м^3$  горной массы магнетита, хромита, циркона и др. или  $г/м^3$  песков золота, платины при раздельной добыче и др.).



По содержанию основного компонента выделяются руды богатые, рядовые и бедные (убогие), но для разных видов полезных ископаемых границы сортов руд весьма различны. Например, для железа богатыми считаются руды, с содержанием железа более 60 %, для меди – 3 %, олова – 1 %, золота – 10 г/т (0,00001%) и др.

Вредные примеси оказывают существенное влияние на оценку качества многих видов минерального сырья, особенно руд черных металлов. Так, для руд железа и марганца вредной примесью являются сера и фосфор. Даже небольшие содержания этих примесей в железных рудах ухудшают качество получаемого металла, снижают производительность металлургических агрегатов. Фосфор при его высоком (более 5 %) содержании в железных рудах из вредной примеси переходит в полезный компонент. С другой стороны, наличие в железной руде в небольшом количестве полезных примесей (хрома, ванадия, титана) улучшает качество руды, делает ее природно-легирующей.

## **Рентабельность разработки во многом зависит от уровня комплексного использования минерального сырья.**

К числу попутных полезных ископаемых (компонентов) относятся:

- 1) породы вскрыши и совместно залегающие полезные ископаемые с основными рудными телами;
- 2) второстепенные рудные и нерудные минералы (пирит, сфалерит, галенит, барит и др.), извлекаемые в товарные концентраты, либо элементы, присутствующие в концентратах основных металлов в виде примесей, извлекаемых на стадии переработки концентратов (золото и серебро – при переработке медных и свинцовых концентратов и др.);
- 3) редкие и рассеянные элементы в составе рудообразующих минералов основных промышленных концентратов цветных металлов (ртуть), кадмий и индий в цинковых концентратах, галлий, рубидий, цезий – в нефелиновых концентратах и бокситах и др.

Необходимость обязательного извлечения попутных компонентов может обуславливаться и с целью охраны окружающей среды.

Распределение компонентов может быть закономерным или случайным. В первом случае обычно наблюдается определенная зональность оруденения – например, последовательная смена минеральных типов или промышленных сортов *по простиранию* (от одного фланга к другому), *по падению* (сверху-вниз), *по мощности* (от лежачего контакта к висячему); или чередование через определенные расстояния сортов и типов руд и др.

При отсутствии четко выраженных закономерностей оценивается степень равномерности (или неравномерности) распределения содержания компонентов с помощью приемов математической статистики. В практике геологоразведочного дела для приближенной оценки степени неравномерности распределения полезных и вредных компонентов часто применяется коэффициент вариации  $V$ . Он характеризует колеблемость частных значений измеряемого параметра относительно среднего.

**Коэффициент вариации  $V$  определяется по формуле, % :**

$$V = \sqrt{\frac{\sum(C_i - \bar{C})^2}{n - 1}} / \bar{C} \times 100$$

где  $C_i$  – значение содержания компонента в каждой пробе;  $\bar{C}$  – среднее содержание компонента в рудном теле или его участке, определяемое способом среднего арифметического;  $n$  – количество измерений (проб).

Распределение компонентов считается равномерным, если  $V$  не превышает 40 %, неравномерным при  $V = 40–100$  %, весьма неравномерным при  $V = 100–150$  % и крайне неравномерным при  $V$ , превышающем 150 %.

# Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте характеристику основных морфологических типов тел полезных ископаемых.
2. Какие геологические элементы определяют форму, размеры и условия залегания изометричных, плоских и трубообразных тел полезных ископаемых?
3. Какие тела (месторождения) полезных ископаемых называются сингенетическими и эпигенетическими, согласными и секущими?
4. Какие существуют типы выклинивания и контактов тел полезных ископаемых?
5. Назовите основные виды тектонических нарушений первичного залегания тел полезных ископаемых.

# Вопросы для самоподготовки:

6. Какие свойства полезного ископаемого обуславливают его соответствие назначению, сохраняемость, технологичность?
7. Какие характеристики определяют вещественный состав металлических и неметаллических руд, ископаемых углей, строительных горных пород?
8. Назовите главные промышленные минералы руд алюминия, вольфрама, железа, марганца, меди, никеля, серы, фосфора.
9. Что такое типы и сорта полезных ископаемых?
10. Что называется текстурой и структурой полезных ископаемых?
11. Дайте характеристику основных видов текстур и структур полезных ископаемых.
12. Какими показателями характеризуется качество металлических руд, горнорудного сырья, строительных материалов?
13. Как характеризуется распределение полезных и вредных компонентов в объеме месторождения полезных ископаемых?