

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЛЕКЦИЯ 1-2

ВВОДНАЯ

Структура дисциплины

Лекции 34 ч

Практические занятия 17 ч

Лабораторные работы 17 ч (8 занятий – 6 лабораторных работ + защита)

Расчетно-графическое домашнее задание (№1дробление, №2измельчение, №3 обогащение на примере флотации)

Контрольные работы

Экзамен

Литература

- 1 Авдохин В.М. **Основы обогащения полезных ископаемых. Обоганительные процессы. Том 1.** Издательство Московского государственного горного университета, Москва, 2006 г., 417 стр., УДК: 622.7, ISBN: 5-7418-0398-9
- 2 Лабораторный практикум
- 3 Список минералов
- 4 Методические рекомендации для выполнения д/з

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Совокупность процессов **механической** обработки минерального сырья с целью отделения полезных (целевых) минералов от вмещающей породы, которому подвергается более 90 % добываемого сырья.

В случае обогащения углей – удаление примесей.

Движущие силы разработки и переработки минерального сырья

Потребности экономики

Социальные

Экологические (переработка техногенных отходов, экологическая устойчивость)

Классификация ПИ по фазовому признаку

Твердые

Жидкие

Газообразные

Номенклатура твердых ПИ

1 Угли

2 Металлические полезные ископаемые

3 Неметаллические полезные ископаемые

4 Естественные материалы (горные породы) и камни

Термин «минерал»

Природные химические соединения или отдельные химические элементы, слагающие горные породы. Минерал имеет **кристаллическую структуру**.

- Кристаллография и кристаллохимия занимаются изучением кристаллов и кристаллического состояния минералов.

ТЕРМИН «РУДА»

Руда - горная порода с концентрированным **кондиционным** содержанием полезного компонента, из которых **технологически возможно** и **экономически рентабельно** извлекать ценные минералы.

ТЕРМИН «МЕСТОРОЖДЕНИЕ»

Локальное концентрирование минерального вещества (руды)
вследствие геологических процессов

Руда, классификация по целевому компоненту

ЦЕЛЕВОГО МИНЕРАЛА
МЕНЬШЕ

Металлические руды

Алмазные руды

Фосфатное сырье

ЦЕЛЕВОЙ МИНЕРАЛ
ОСНОВНОЕ ВЕЩЕСТВО

Уголь

Строительные материалы

Классификация по *количеству* извлекаемых из руды компонентов:

Монокомпонентные или монометаллические (только один целевой (ценный) компонент)

Поликомпонентные или полиметаллические (два и более целевых компонентов)

Классификация руд по содержанию ценного компонента

- Руды по содержанию ценных компонентов разделяют:

-богатые,

-бедные,

-забалансовые.

- Для разных типов руд кондиции на содержание в них ценных компонентов неодинаковы.

Например:

- колчеданные руды (по Cu):
 - Богатые - более 1,5 %,
 - бедные - менее 1,5 %,
 - забалансовые - менее 0,2 %;
- **железные** руды (по Fe) :
 - богатые - более 45,0 %,
 - бедные - менее 45,0 %,
 - забалансовые - менее 10,0 %;
- **молибденовые** руды (по Mo):
 - богатые - более 0,1 %,
 - бедные - менее 0,08 %, з
 - забалансовые - менее 0,01 %.

Классификация по **размеру вкрапленности зерен** полезных минералов:

Крупновкрапленные (более 2 мм)

Мелковкрапленные (0,2-2 мм)

Тонковкрапленные (менее 0,2 мм)

Весьма тонковкрапленные (менее 0,02 мм)

Классификация месторождений промышленных руд по продолжительности процессов минералообразования

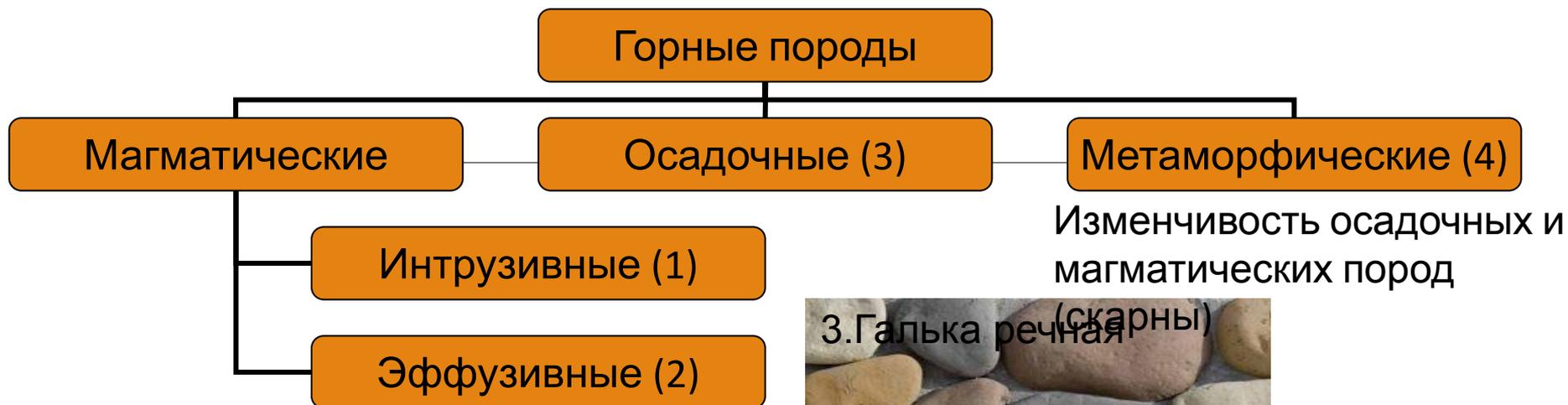
Коренные

Коренные залегают в местах первоначального образования. Ценные минералы и минералы вмещающей породы находятся в **тесной ассоциации** между собой

Россыпные

Вторичные месторождения, образовавшиеся в результате разрушения первичных коренных месторождений и вторичного отложения материала из первичных руд. **Сростки в россыпях отсутствуют**

Классификация по генезису



Эндогенные процессы

Магматические

Интрузивные – медленная кристаллизация, крупно-среднезернистая структура (плутонические породы)

Эффузивные – быстрое остывание тонкозернистые структуры (вулканические)

Пегматитовые – кристаллизация магмы с легколетучими компонентами (обогащены редкими и РЗ элементами). Пегматитовый процесс разделен на пять этапов и одиннадцать геофаз

Гидротермальные - на средних и малых глубинах с участием горячих водных растворов при высоких давлениях (обогащены благородными металлами)

Магматические породы

С ультраосновными породами связаны месторождения хромита, платины, титаномагнетита

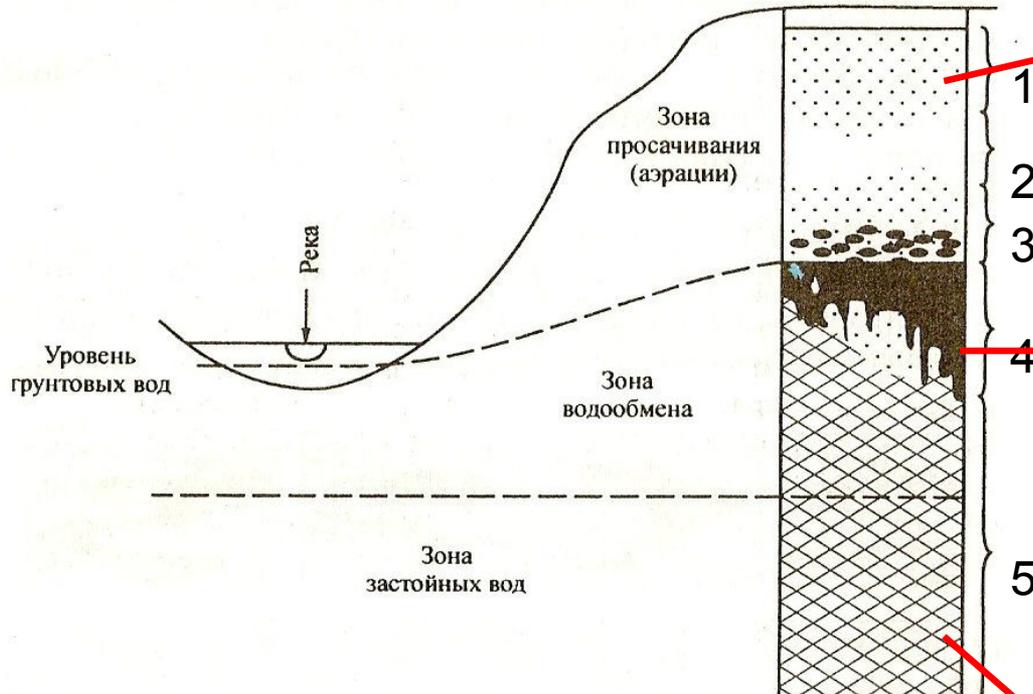
1. Интрузивные (глубинные)
2. Эффузивные (излившиеся)
 - 2.1. Пирокластические
3. Гипабиссальные (жильные)

	Интрузивные породы	Эффузивные породы	Минеральный состав	
			темные	светлые
Ультраосновные (гипербазиты, ультрамафиты) <45% SiO ₂	Дунит	Пикрит	Пироксены, оливин	нет
Основные 45-52% SiO ₂	Габбро Sr, Rb, Cs, Ga, Nb, Ta	Базальт	Пироксены, роговая обманка, оливин	Основные плагиоклазы
Средние 52-65% SiO ₂	Диорит	Андезит	Роговая обманка, биотит, пироксены	Средние плагиоклазы
Кислые >65% SiO ₂ U, Th, Tr, Zn, Sn	Гранит Ti, Fe,	Риолит	Биотит, роговая обманка, пироксены	Кварц (25-35%), калиевый полевой шпат (до 40%), кислый плагиоклаз (до 25%)

Зона окисления сульфидных месторождений



$\alpha=57,4\%$

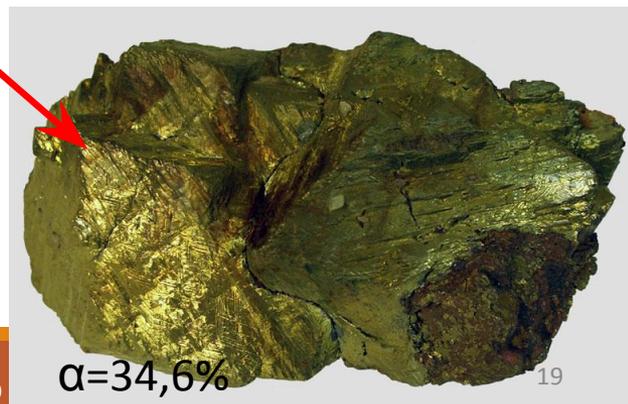


$\alpha=79,9\%$



Модель зональности окисления сульфидных рудных тел. По В.И.Смирнову:

1- подзона окисленных руд, 2- подзона выщелоченных руд, 3- подзона богатых окисленных руд, 4- зона вторичного обогащения, 5- зона первичных руд.



$\alpha=34,6\%$

Классификация минералов по химическому составу

1 Самородные элементы (Au, Pt, Cu, S)

2 Сернистые соединения и подобные им (сульфиды, селениды, арсениды)

3 Галоиды (CaF₂ флюорит или плавиновый шпат, Na₃AlF₆ криолит, NaCl галит, KCl сильвин)

4 Оксиды и гидроксиды (Fe₂O₃, Fe₃O₄)

5 Кислородные соли – сульфаты, вольфраматы, силикаты....

Минералы имеют кристаллическую структуру.

Шунгит – горная порода, аморфный, не кристаллизующийся, фуллерено-подобный углерод; растительное происхождение.

Янтарь – окаменелая смола; растительное происхождение.

Жемчуг, согласно современной номенклатуре минералов, жемчуг не относится к минералам, но содержит в своём составе минерал арагонит CaCO₃; «животное происхождение».

Сульфиды

Для минералов характерно изоморфное замещение одних элементов другими. Часто наблюдаются примеси: кадмия, галлия, индия, таллия, рения и др.

Характерные физические свойства:

- большинство характеризуется металлическим блеском,
- отличается электро- и теплопроводностью,
- повышенной плотностью,
- невысокой твердостью.



Галенит



Пирит



Марказит



Халькопирит



Киноварь

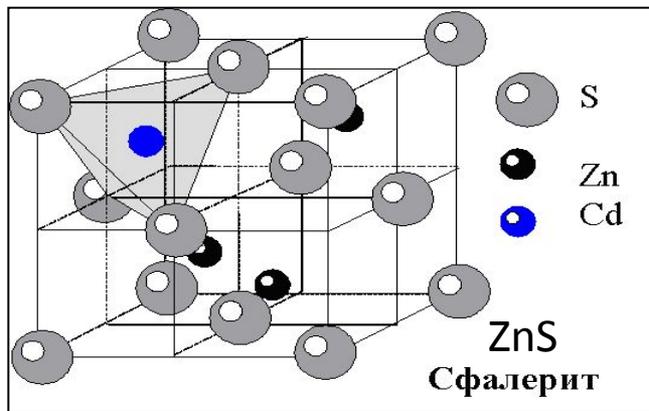


Халькозин

Формы присутствия примесей в минералах

Включения

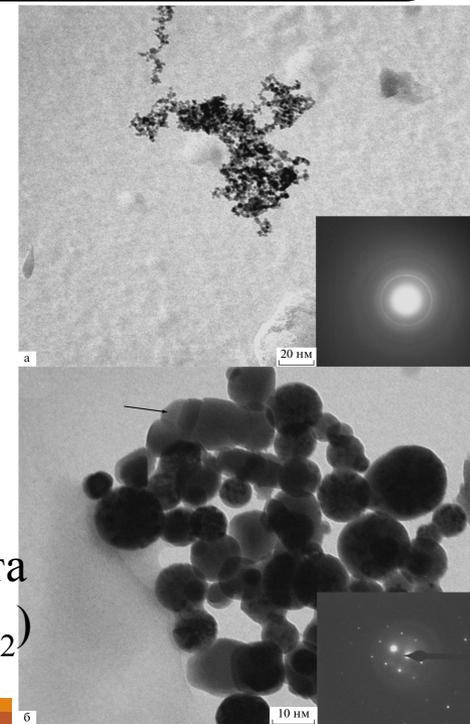
Изоморфные- элементы входящие в кристаллическую решетку минерала



Минеральные- твердые, жидкие, газообразные



Агрегат мельчайших частиц золота (Au) на свежем сколе пирита (FeS_2)



Свойства минералов

Физические

Механические (твердость, спайность, упругость, др.)

Оптические (цвет, блеск, прозрачность, люминесценция)

Плотность

Магнитные

Электрические

Радиометрические (нейтронное, рентгеновское, ультрафиолетовое, видимый свет, инфракрасное и радиоволновое)

Химические

Взаимодействие с кислотами, щелочами и др.реагентами, в том числе при высоких температурах

Окисление, восстановление

Разложение

Характеристика минералов

цвет

цвет в порошке (цвет черты),

твёрдость,

плотность,

спайность,

излом,

форма агрегатов

Механические свойства минералов

Твердость минералов - способность минерала сопротивляться внешнему механическому воздействию. оценивается способностью острого края одного минерала оставить след на ровной поверхности другого. Шкала Мооса.

Хрупкость минералов - способность минералов легко крошиться в результате приложенных сил – при ударе или царапании.

Спайность - способность раскалываться по отдельным плоскостям атомов в структуре свидетельствует о том, что вдоль этих плоскостей силы связи оказываются более слабыми, чем вдоль других направлений.

Прочность - способность минерала реагировать на удар, раздавливание, разрезание и изгиб.

Ковкость – способность не измельчаться

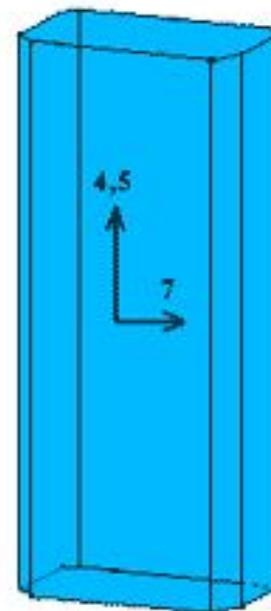
Упругость – способность возвращаться к исходной форме

Шкала относительной твердости Мооса

Твердость	Название	Химическая формула
1	Тальк	$Mg_3[Si_4O_{11}](OH)_2$
2	Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Кальцит	$CaCO_3$
4	Флюорит	CaF_2
5	Апатит	$Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$
6	Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$
7	Кварц	SiO_2
8	Топаз	$Al_2[SiO_4](F,OH)_2$
9	Корунд	Al_2O_3
10	Алмаз	C

Минералам свойственна различная твердость в зависимости от кристаллографических направлений – анизотропия твердости, ярким примером являются кристаллы кианита (обладает совершенной спайностью).

Кианит (дистен)



Крепость руды, горных пород

Крепость - понятие, отражающее совокупность механических свойств

М. М. Протодьяконовым (старшим) для оценки крепости была предложена классификация, основанная на предположении, что разрушение горных пород происходит в основном путем **преодоления прочности пород на сжатие**. Коэффициент крепости пород по М. М. Протодьяконову рассчитывается по формуле: $f = 0,1\sigma_{сж}$, где $\sigma_{сж}$ - предел прочности на одноосное сжатие, МПа.

Метод экспериментальной оценки коэффициента крепости, предложенный М. М. Протодьяконовым (младшим), основан на относительной оценке работы, затраченной на дробление горных пород свободнопадающим грузом массой 2,4 кг с высотой 0,6 м (ГОСТ 21153.1-75).

Методики и протоколы.

Классификация горных пород по шкале Протоdjяконова

Категория пород	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости, f
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	Средней крепости	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт	2
VIa	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт	1
VIIa	Мягкие	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

Электрические свойства

К электрическим свойствам минералов относятся:
электрическое сопротивление, электропроводность,
поляризуемость, диэлектрическая постоянная.

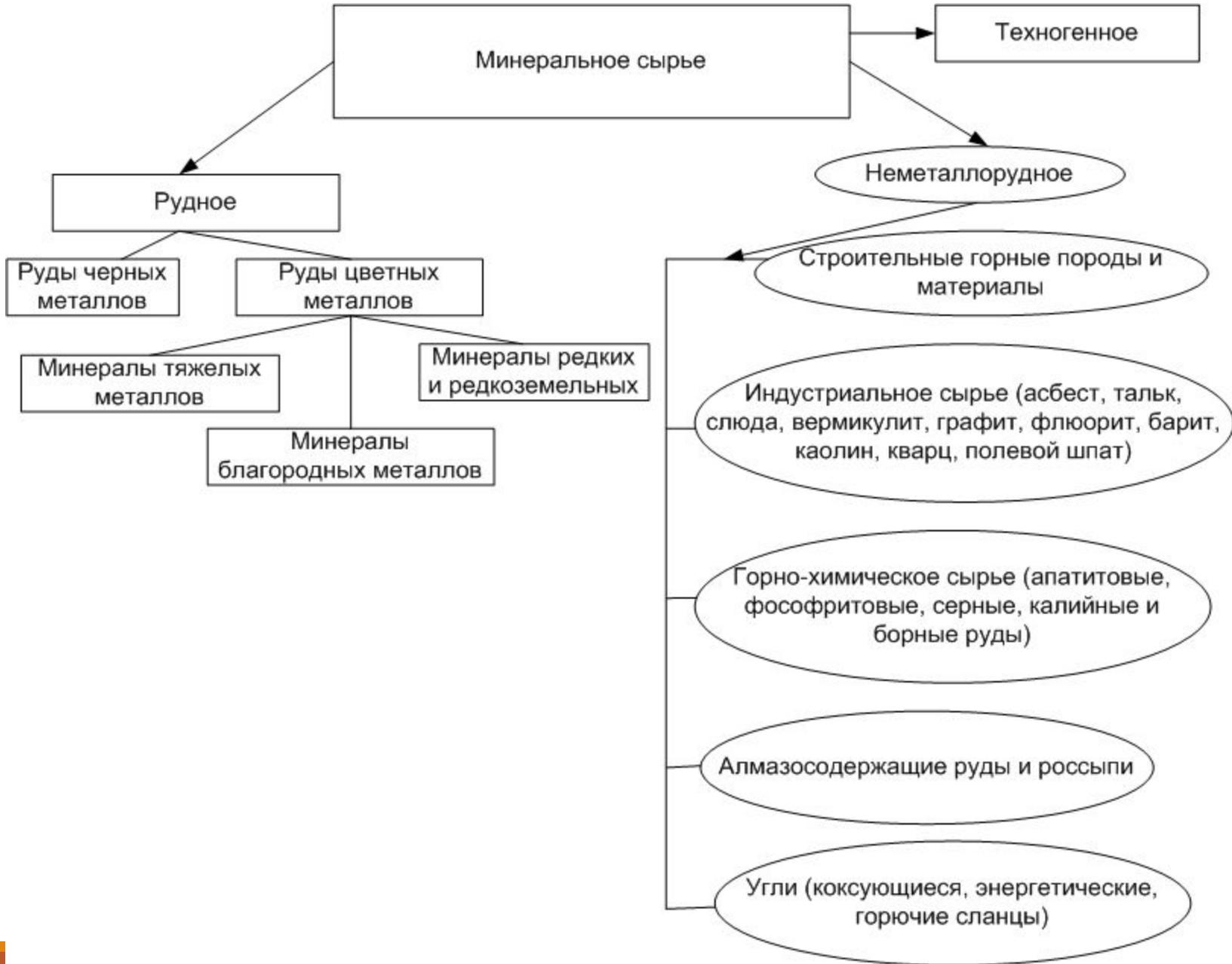
В зависимости от величины электропроводности и типа электронного строения все минералы делятся на 3 типа:

1. проводники ($10^{-6} - 10^{-4}$ Ом·м) – самородные металлы с металлической связью, халькозин;
2. полупроводники ($10^{-5} - 10^3$ Ом·м) – пирит, галенит, ковеллин, в них электропроводность сильно зависит от содержания примесей и наличия структурных дефектов;
3. диэлектрики ($10^3 - 10^{17}$ Ом·м) – силикаты (циркон), сульфаты, карбонаты, кварц, корунд и др.

Классификация минералов по удельной магнитной восприимчивости, принятая в магнитных сепараторах

Группы минералов по удельной магнитной восприимчивости	Примеры минералов
Сильномагнитные $< 2 \cdot 10^{-2} \text{ см}^3/\text{г}$	Магнетит
Среднемагнитные	Ильменит, пирротин, оливин
Слабомагнитные	Роговая обманка, сидерит, гематит, лимонит, хромит, родонит, вольфрамит, арсенопирит, молибденит
Немагнитные $> 9 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{г}$	Доломит, полевые шпаты, диопсид, мусковит, антрацит, сфалерит, алмаз, берилл, медь самородная, сера, галит

Отраслевой признак – применение в промышленности





Классификация по качественно-количественному содержанию минералов



Вещественный состав

- 1) Химический состав (элементный, фазовый)
- 2) Фазовый (рациональный) состав целевых элементов
- 3) Гранулометрический состав
- 4) Минеральный состав (рудные+породные=100%)
- 5) Текстурно-структурные особенности
- 6) Основные физические свойства ценных и породных компонентов

руды

Элемент	Массовая доля, %	Фаза	Массовая доля, %
Cu	2,02	MnO	0,05
Zn	4,70	CaO	0,265
Fe	46,30	MgO	0,745
S	35,10	K ₂ O	0,03
Ni	≤0,001	Na ₂ O	0,245
Co	≤0,004	SiO ₂	7,35
Ba	0,013	Al ₂ O ₃	1,9
Au*	0,75		
Ag*	20,5		
Pt*	0,19		
Pd*	0,36		
Примечание - содержание благородных металлов, г/т*			

Фазовый состав соединений меди

Соединения	Массовая доля, %	Распределение, %
Первичные сульфиды (халькопирит)	1,70	89,0
Вторичные сульфиды (халькозин, ковеллин, борнит)	0,16	8,4
Свободная окисл (оксиды, карбонаты, сульфаты, силикаты)	0,05	2,6
Связана в окисл. сложные силикаты	не обнаружены	-
Общая медь	1,91	100,0

Фазовый состав соединений цинка

Соединения	Массовая доля, %	Распределение, %
Первичные сульфиды	4,02	88,2
Цинк окисленный	0,43	9,4
Цинк сульфатный	0,11	2,4
Общий цинк	4,56	100,0

Гранулометрическое распределение цветных металлов

Класс крупности, мм	Выход, %	Массовая доля, %		Распределение, %	
		Cu	Zn	Cu	Zn
		+ 1	26,9	1,65	4,65
-1 +0,63	14,2	2,90	5,90	20,0	16,0
-0,63 + 0,315	16,4	2,40	5,95	19,2	18,7
-0,315 +0,16	12,7	2,15	5,60	13,2	13,5
-0,16 +0,1	10,3	2,15	5,15	10,7	10,1
-0,1 +0,071	7,8	1,80	4,80	6,8	7,1
-0, 071 +0,041	8,9	1,45	4,70	6,3	8,0
-0,041 + 0	2,9	1,65	4,95	2,3	2,7
Итого	100,0	2,06	5,24	100,0	100,0

Минеральный состав, %

Рудные минералы:

78,84

Пирротин

45,41

Пирит

21,45

Сфалерит

6,11

оксиды цинка

0,53

Халькопирит

5,11

халькозин, ковеллин

0,22

Молибденит

0,01

Породообразующие

21,16

Итого

100,00

Текстурно-структурные особенности

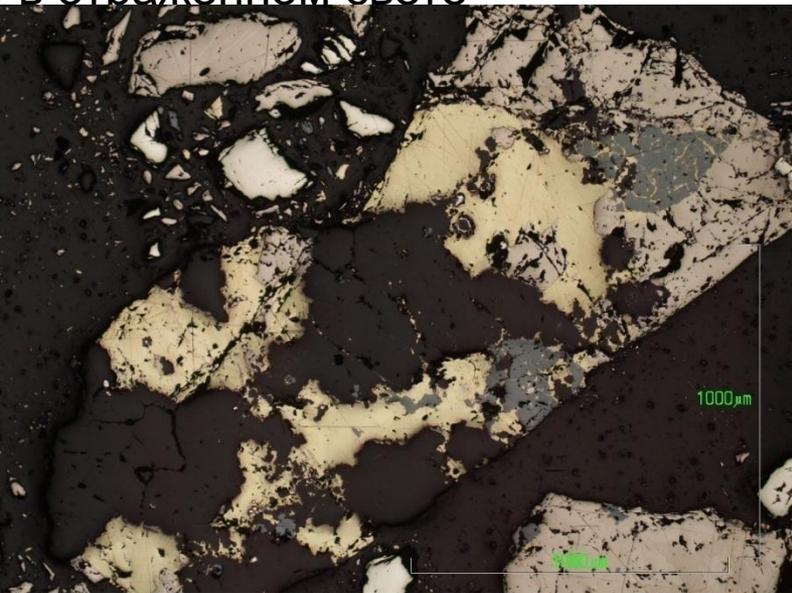
Текстура руды определяется пространственным взаиморасположением минеральных агрегатов, отличающихся друг от друга по составу, форме, размерам и структуре.

Формирования текстурного рисунка определяется способом отложения руд

Структура руды определяется формой, размером и способом сочетания отдельных минеральных зерен или их обломков в пространственно обособленных минеральных агрегатах.

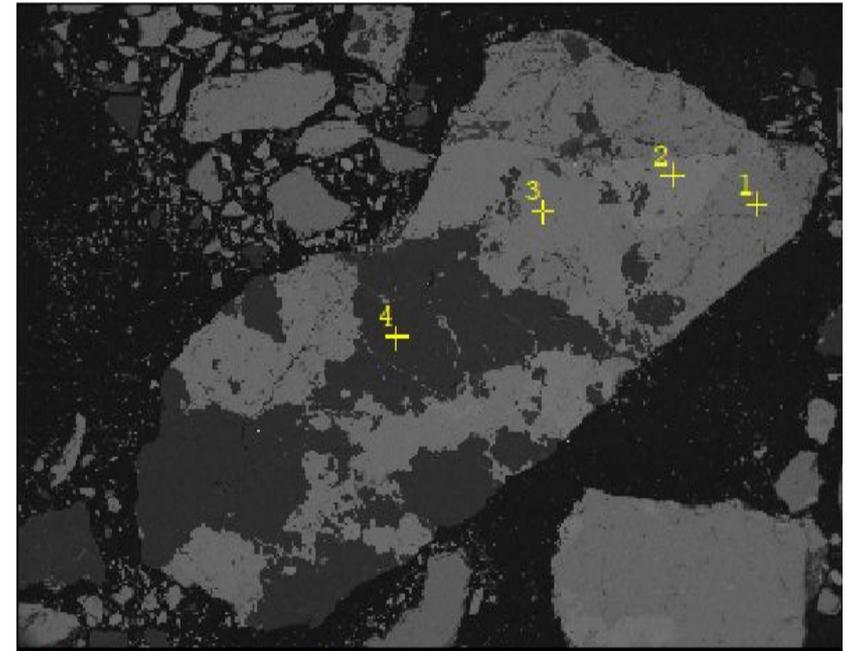
Минеральное зерно

В отраженном свете



Полиминеральное срастание халькопирита с сульфидами и породообразующими минералами. Массивная текстура, тонкая неравномерная вкрапленность

1 – пирротин; 2 – сфалерит; 3 – халькопирит; 4 – кварц



Химический состав сульфидов (MLA Quanta 650)

	Массовая доля, %					Примечание
	Fe	Cu	Zn	S	Сумма	
1	30,97	33,45		35,57	99,99	Рисунок 1.8, спектр 3, халькопирит
2	60,96			39,04	100,00	Рисунок 1.8, спектр 1, пирротин
3	5,59		59,46	34,95	100,00	Рисунок 1.8, спектр 2, сфалерит

BSE1

200 μm

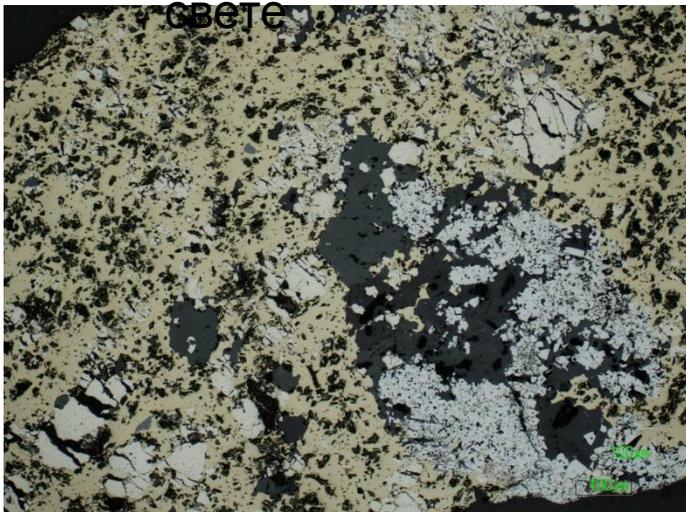
в обратно рассеянных электронах

$Fe_{\text{стех}} - 46,67 \%$ $Cu_{\text{стех}} - 34,78 \%$
 $Fe_{\text{стех}} - 30,43 \%$
 $S_{\text{стех}} - 53,33 \%$ $S_{\text{стех}} - 34,78$

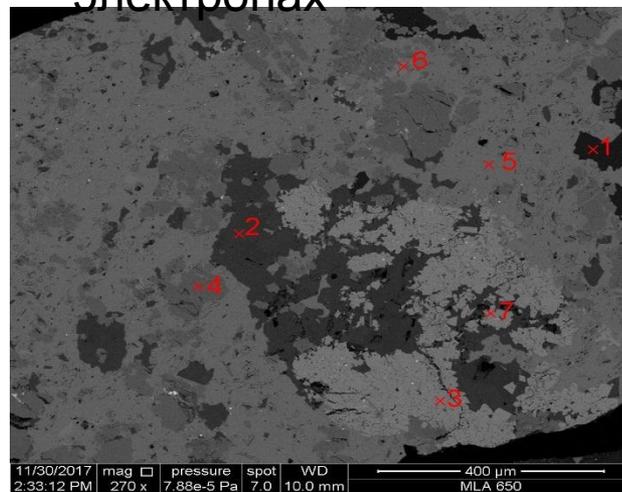
$Zn_{\text{стех}} - 67,01 \%$

$S_{\text{стех}} - 32,99 \%$

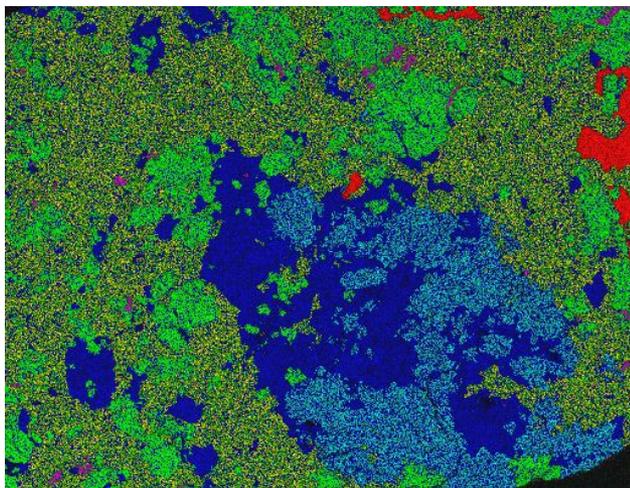
в отраженном
свете



в обратно рассеянных
электронах

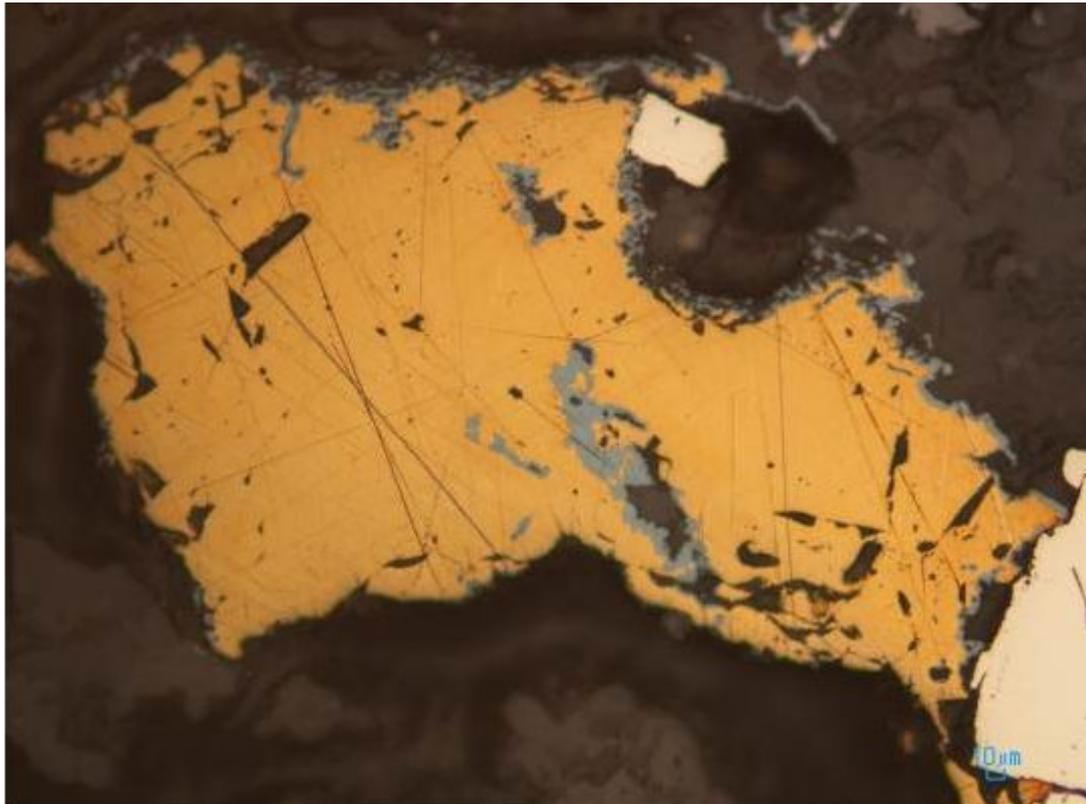


комбинированное в характеристическом излучении элементов



SiK: 40	S K: 46	FeK: 26
CuK: 16	ZnK: 20	AsL: 25

Массивные выделения халькопирита с
сростками пирита и арсенопирита. Спектры
1 - кварц; 2 - сидерит; 3 - арсенопирит; 4 -
пирит; 5 - халькопирит; 6 - сфалерит; 7 -
галенит



Халькопирит по периферии и по микротрещинам замещается халькозином (медно-порфировая руда)

Основные минералы руд цветных металлов

Минералы свинца	Минералы меди	Минералы цинка	Минералы железа
Галенит – PbS (86,6% Pb)	Халькопирит – CuFeS ₂ (34,6% Cu)	Сфалерит – ZnS (67,1% Zn)	Пирит – FeS ₂
Церуссит – PbCO ₃ (77,5% Pb)	Халькозин – Cu ₂ S (79,8% Cu)	Смитсонит – ZnCO ₃ (52% Zn)	Пирротин – FeS
	Ковеллин – CuS (66,5% Cu)		
Англезит – PbSO ₄ (68,3% Pb)	Борнит – Cu ₅ FeS ₄ (63,4% Cu)	Каламин – Zn ₄ [Si ₂ O ₇]·[OH] ₂ (54,2% Zn)	Арсенопирит - FeAsS
Пироморфит – Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl (76,5% Pb)	Малахит – CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂ (57,4% Cu)		
Плюмбоярозит – PbFe ₆ (OH) ₁₂ ·(SO ₄) ₄ (22,2% Pb)	Азурит – 2CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂ (55,3% Cu)		
	Хризоколла – CuSiO ₃ ·nH ₂ O (55,3% Cu)		

ЖРС

Магнетит Fe_3O_4 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)



Твёрдость Твёрдость 5,5—6.

Плотность 4,9—5,2 г/см³;

ферромагнитные свойства

Гематит Fe_2O_3



Твёрдость Твёрдость 5,5 — 6,5.

Хрупкий Твёрдость 5,5 — 6,5. Хрупкий.

Плотность 4,9 — 5,3 г/см³;

слабомагнитный

Бурый железняк (лимонит)



минерал	Химическая формула	Содержание железа и компонентов, %	Плотность, г/см ³	Твердость по шкале Мооса	Удельная магнитная восприимчивость $\cdot 10^{-6}$, г/см ³
1	3	4	5	6	7
Гематит	Fe₂O₃	70	5,0-5,2	5,5-6,0	250-50
Гетит	FeOOH	62,9	4,0	4,5-5,5	200-25
Гидрогематит	Fe ₂ O ₃ · nH ₂ O, n < 1	64-69	4,5-5,3	4,5-6,5	200-50
Лепидокрокит	FeOOH	62,9	4,1	4,0	-
Лимонит	FeO₃ · nH₂O, n < 1	60	3,3-4,0	1-4,0	200-25
Маггемит	Fe ₂ O ₃	70	4,9-5,3	5-6,5	25000-1000
Магнетит	FeO · Fe₂O₃	72,4	4,9-5,2	5,5-6,0	50000-25000

Технология переработки минерального сырья

Совокупность технологических процессов (схемы, режимы) и средств производства (оборудование), которая позволяет достигать требуемые технологические показатели

ПРОДУКТЫ ОБОГАЩЕНИЯ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ – содержание (качество)

Содержание (массовая доля) металла (целевого компонента) в руде или продукте обогащения

Количество целевого компонента в руде (или продукте) - % , г/т, г/м³ или кар/т, ppm - parts per million (мг/кг, см³/м³)

α - в исходной руде

β - в концентрате

θ - в хвостах

Карат

Единица измерения массы драгоценных камней = 0,2грамма.

Единица чистоты золота. Высший показатель - 24 карата - означает чистоту 99,9%.

Зольность (А) – содержание минеральных (неорганических) примесей в угле, %

Технологические показатели обогащения – выход и извлечение

Выход продукта

$$\gamma = \frac{M_{\text{продукта}}}{\sum M_{\text{продуктов}}}$$
$$\gamma_{\text{к-т}} = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} 100\%$$

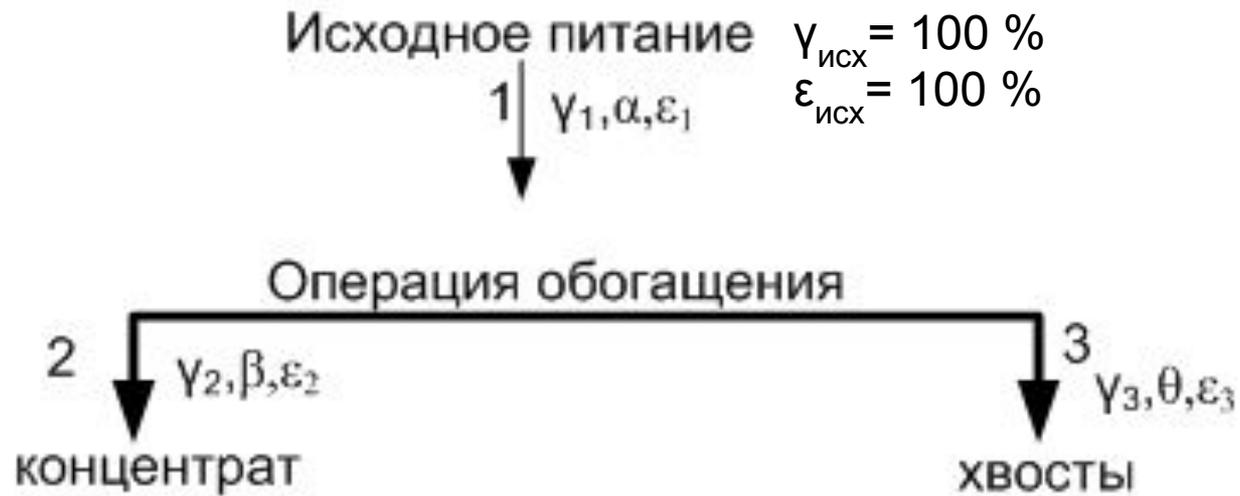
Извлечение компонента в продукт

$$P = \gamma \cdot \beta$$

$$P = Q \cdot \beta / 100$$

$$\varepsilon = \frac{P_{\text{ценного компонента}}}{\sum P_{\text{ценного компонента}}} = \frac{\gamma \cdot \beta}{\alpha}$$

Материальные балансы



$$\left[\begin{array}{l} \gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3 \\ \gamma_1 \cdot \alpha = \gamma_2 \cdot \beta + \gamma_3 \cdot \theta \end{array} \right.$$

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 + \epsilon_3$$

$$\gamma_2 = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} \cdot 100, \%$$

$$\epsilon \alpha = \gamma \beta$$

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ

Степень обогащения или степень концентрации

$$K = \frac{\beta}{\alpha}$$

Степень сокращения

$$R = \frac{100}{\gamma}$$

Потери металла = извлечение в хвосты

МЕТОДЫ И СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ

Подготовительные процессы

- Рудоподготовка
- Предконцентрация

Основные процессы

Сортировка

Гравитация

Магнитное и электрическое обогащение

Специальные методы обогащения
(радиометрическое, по форме, по трению)

Флотация

Вспомогательные процессы

- Дренажное
- Сгущение
- Фильтрование
- Сушка

Комбинированные методы

Гравитация + флотация;

Магнитная сепарация + флотация;

Флотация + металлургические методы или наоборот;

Сортировка + гравитация + флотация.

Технология (графическая реализация)

КАЧЕСТВЕННО- КОЛИЧЕСТВЕННАЯ СХЕМА

Дает представление о принятой технологической схеме переработки руды, последовательности циклов и операций, которым подвергаются руды при рудоподготовке и обогащении. Указываются потоки по массе и целевым компонентам

СХЕМА ЦЕПИ АППАРАТОВ

Показывает позиции движения руды и продуктов обогащения через аппараты

Качественно-количественная схема рудоподготовки

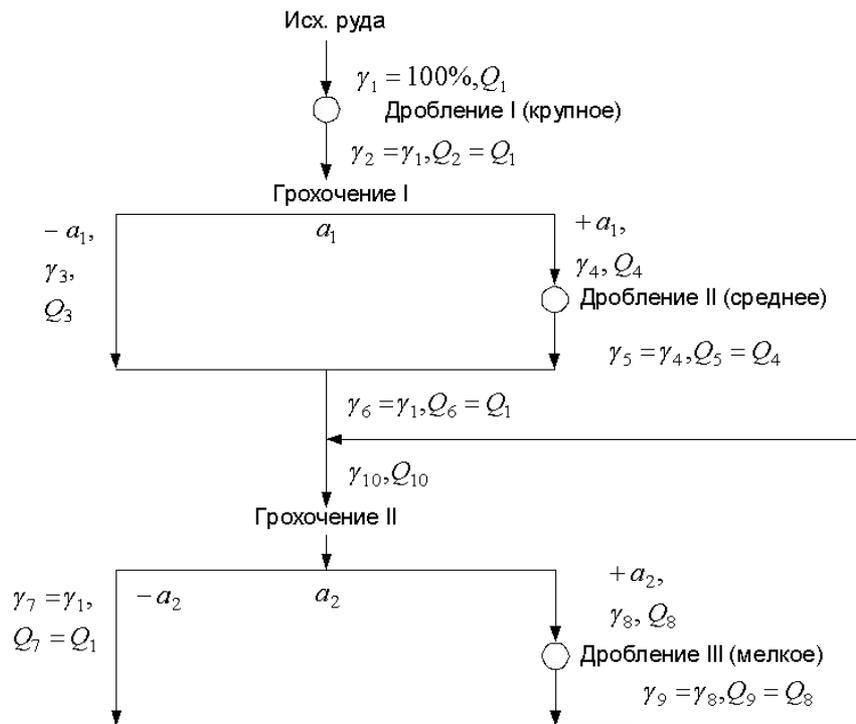
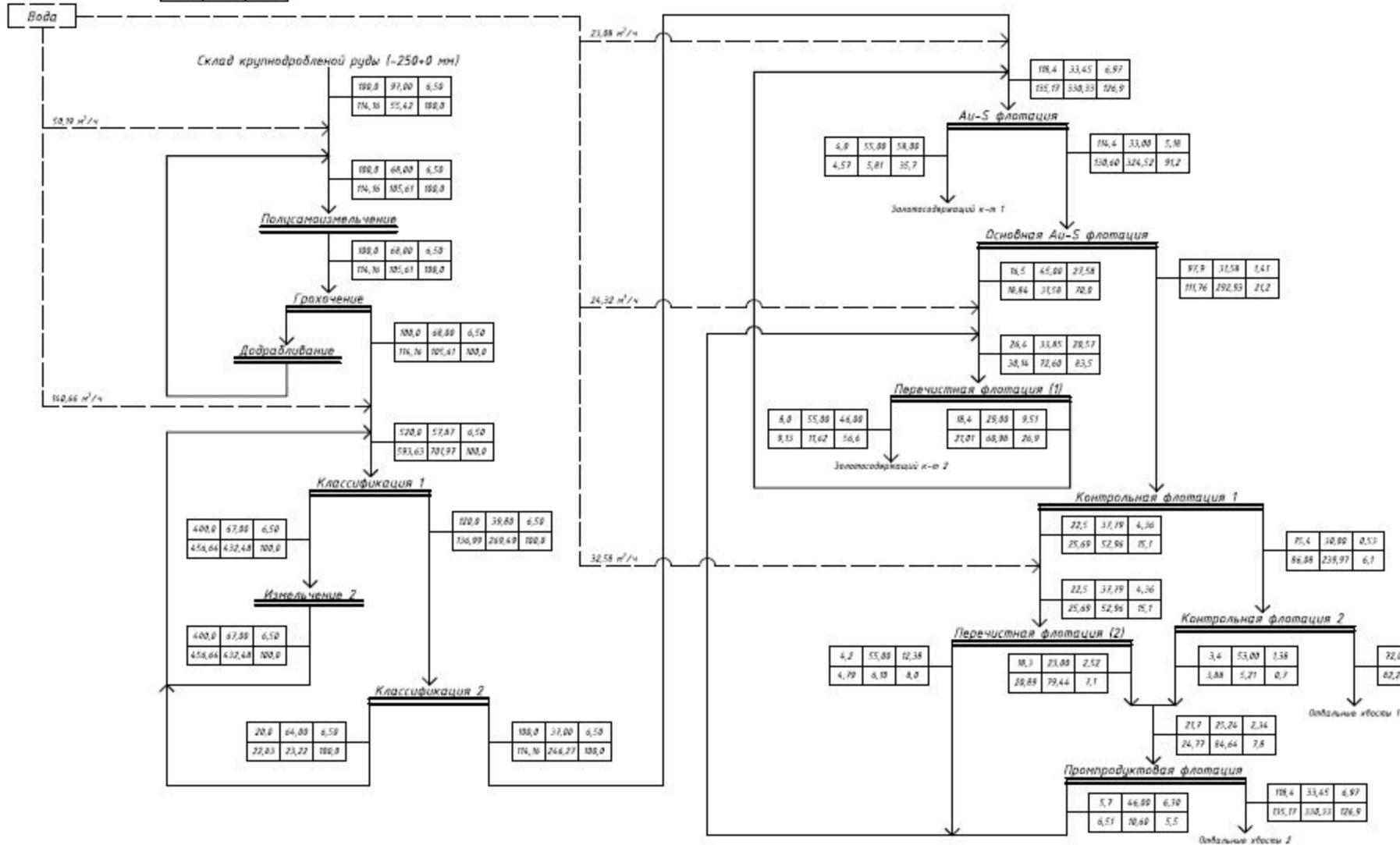


Рисунок 2.4 - Схема дробления руды

γ, %	τв, %	ρ _{вн} , кг/м ³
Q, м ³ /ч	γ, м ³ /ч	ε _{вн} , %



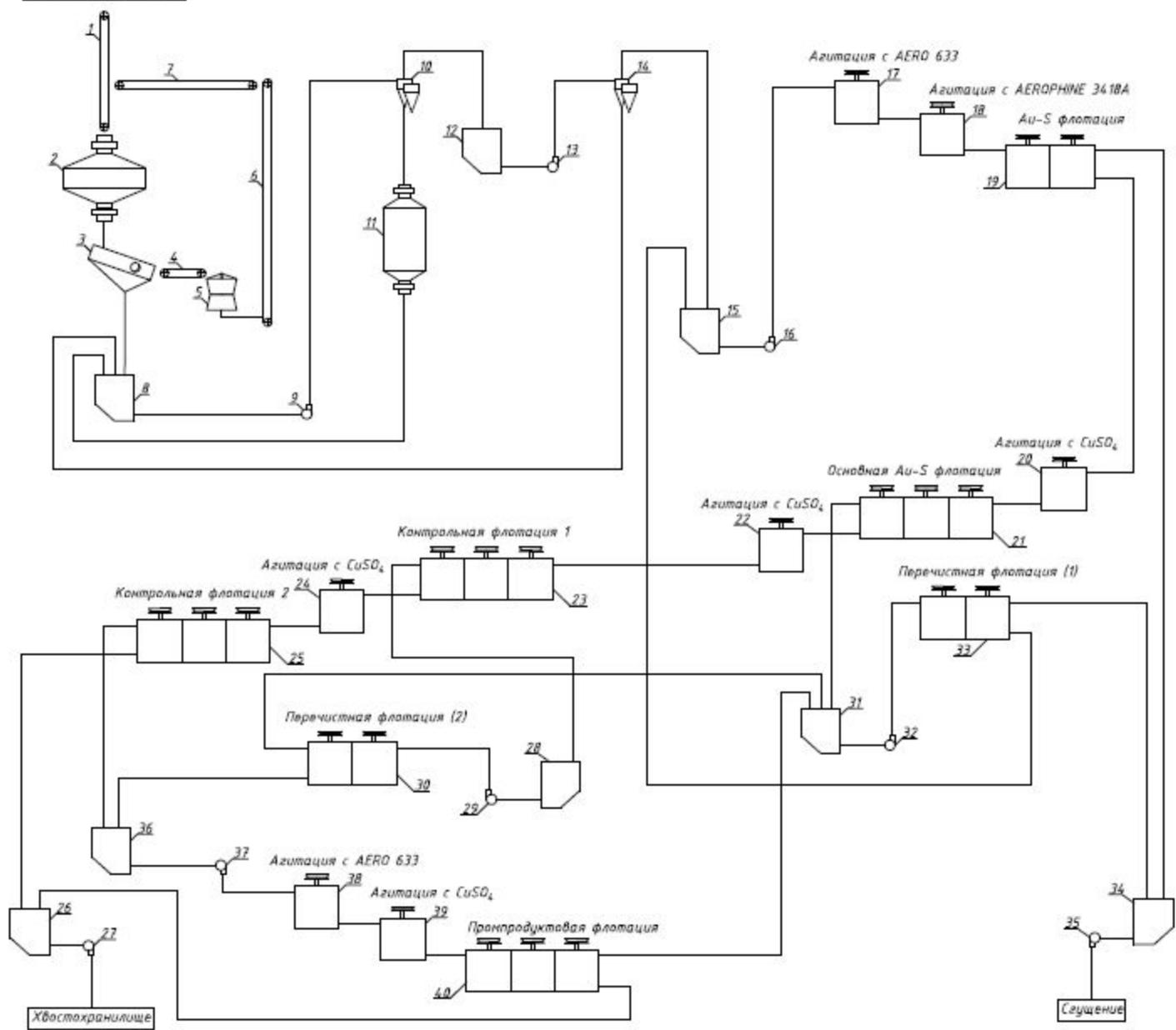
Баланс воды

Поступает		Выходит	
Наименование операции	W, м ³ /ч	Наименование операции	W, м ³ /ч
С исходной рудой	3,53	С золотосодержащим к-ом 1	3,74
В полусамозмельчение	50,19	С золотосодержащим к-ом 2	7,47
В классификация 1	140,66	С отвальными хвостами 1	197,40
В Au-S флотации	23,08	С отвальными хвостами 2	65,74
В перечистную флотацию (1)	24,32		
В перечистную флотацию (2)	32,58		
Итого	274,36	Итого	274,36

Баланс металлов

Наименование продукта	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение, %
Золотосодержащий к-ом 1	4,0	58,00	35,7
Золотосодержащий к-ом 2	8,0	46,00	56,6
Общий золотосодержащий к-ом	12,0	50,00	92,3
Отвальные хвосты 1	72,0	0,49	5,4
Отвальные хвосты 2	16,0	0,93	2,3
Общие отвальные хвосты	88,0	0,57	7,7
Исходная руда	100,0	6,5	100,0

Бункер дробленой руды



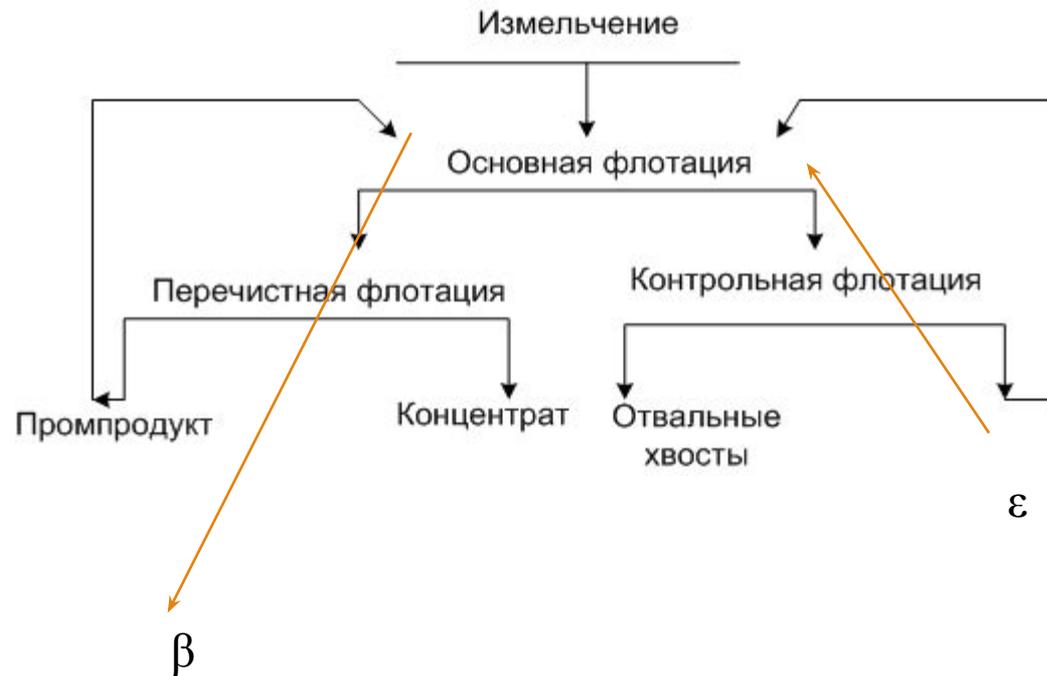
Поз.	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Мас. об.
1	Камбейер В=800 мм	1		
2	Мельница ММС 7000x2300	1		
3	Грохот ГМС-42	1		
4	Камбейер В=800 мм	1		
5	Дробилка КМД	1		
6	Камбейер В=800 мм	1		
7	Камбейер В=800 мм	1		
8	Зумф	1		
9	Насос	1		
10	Гидроциклон ГРЦ-500	4		
11	Мельница МШЦ 2700x3600	2		
12	Зумф	1		
13	Насос	1		
14	Гидроциклон ГРЦ-250	4		
15	Зумф	1		
16	Насос	4		
17	Камбейерный чан V=50 м³	1		
18	Камбейерный чан V=50 м³	1		
19	Флотационная ФПМ-50УМ	2		
20	Камбейерный чан V=50 м³	1		
21	Флотационная ФПМ-50УМ	3		
22	Камбейерный чан V=50 м³	1		
23	Флотационная ФПМ-50УМ	3		
24	Камбейерный чан V=50 м³	1		
25	Флотационная ФПМ-50УМ	3		
26	Зумф	1		
27	Насос	1		
28	Зумф	1		
29	Насос	1		
30	Флотационная ФПМ-25УМ	2		
31	Зумф	1		
32	Насос	1		
33	Флотационная ФПМ-25УМ	2		
34	Зумф	1		
35	Насос	1		
36	Зумф	1		
37	Насос	1		
38	Камбейерный чан V=25 м³	1		
39	Камбейерный чан V=25 м³	1		
40	Флотационная ФПМ-25УМ	3		

МИСУС 654.ВКР.2016.05

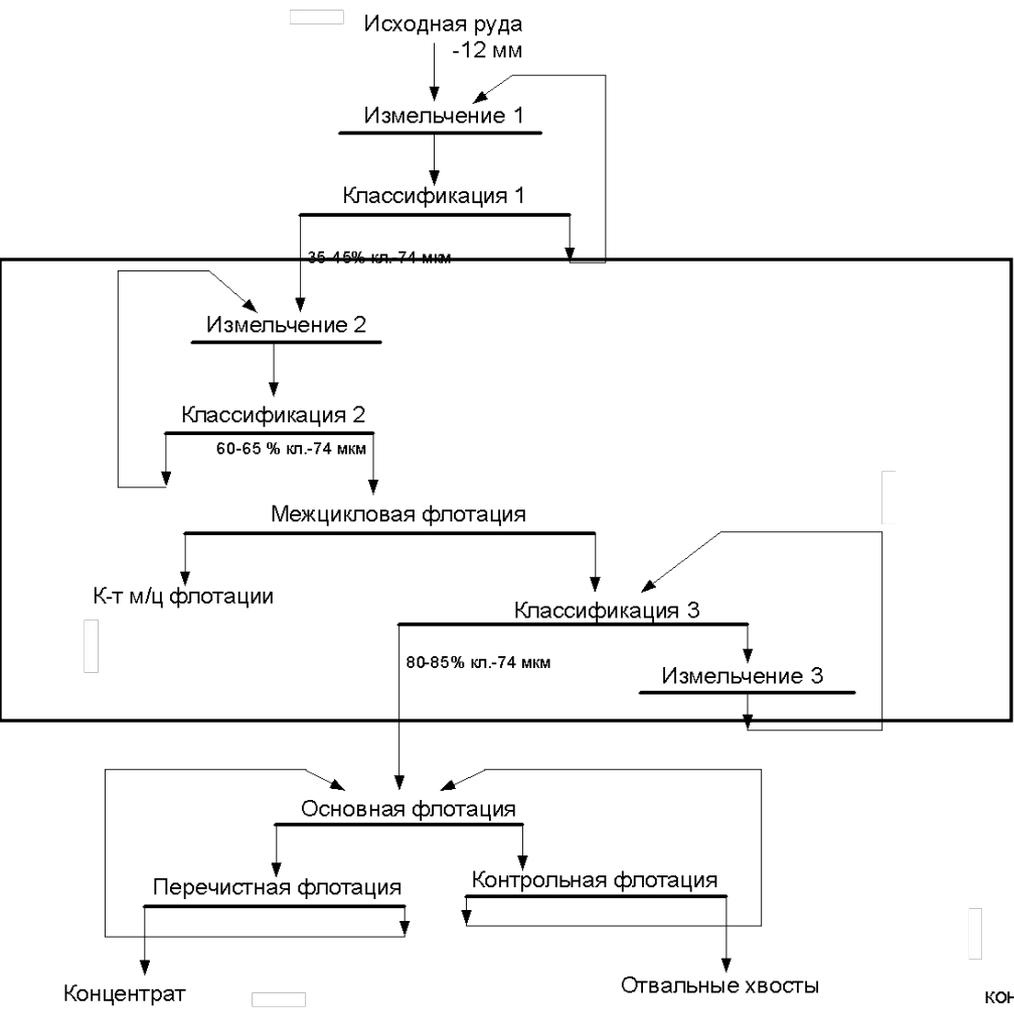
Схема цепи аппаратов
настаривания Майское
ОПР-12-1

Операции схемы обогащения (флотации)

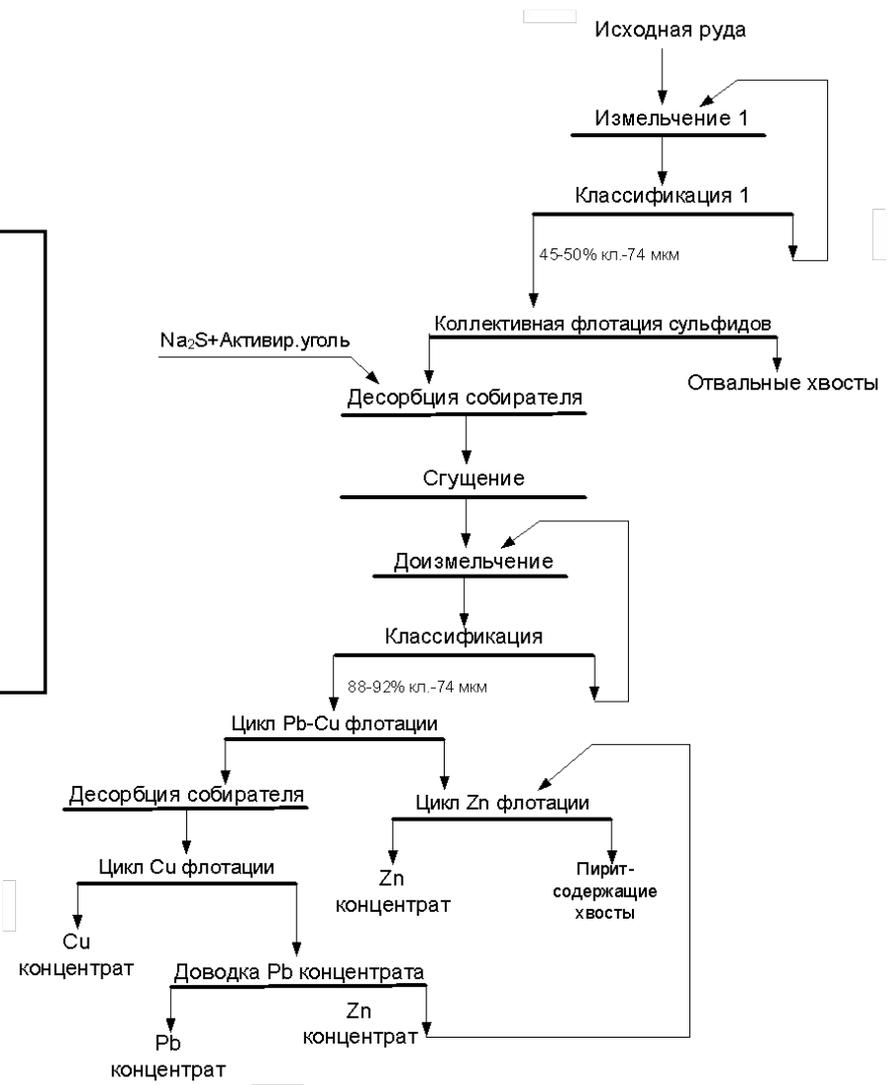
Основная
Контрольная
Перечистная



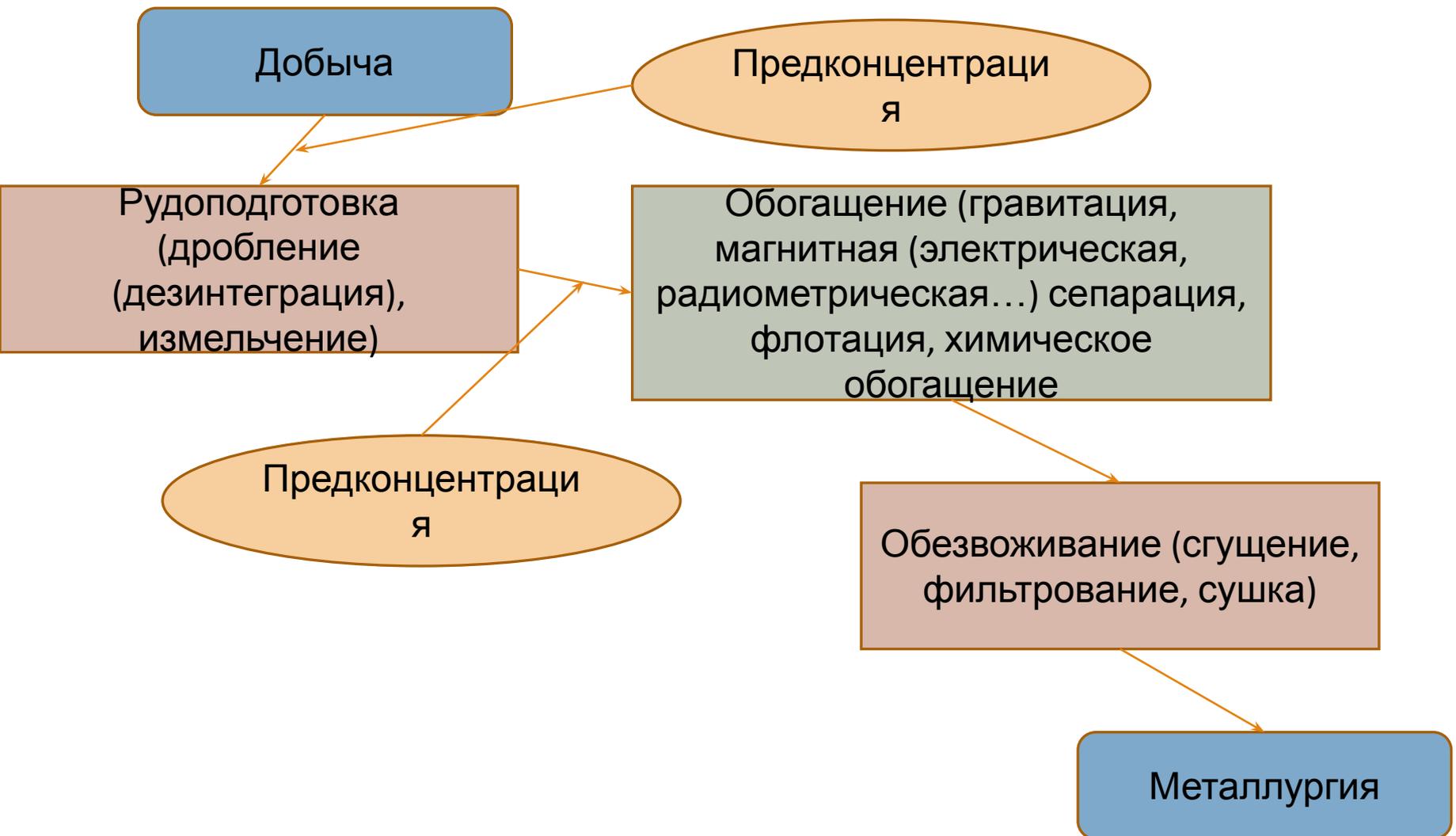
Межстадиальное обогащение (флотация)



Цикл обогащения



Переработка минерального сырья



Выбор процесса обогащения

Физические свойства минералов
(крепость, удельная магнитная
восприимчивость,
электропроводность,
радиоактивность, оптические
свойства, смачиваемость....)

Крупность минералов

Размер минерального вещества и процессы обогащения

(Самыгин В.Д. и др. Основы обогащения руд. -М.: Альтакс – 2003 – С.13)

Классификация	Размер, мм	Процесс обогащения
Весьма крупные	100-20	Радиометрическая сепарация
Крупные	20-2	Гравитация (отсадка, тяжелосредная сепарация), магнитная сепарация
Мелкие	2-0,2	Гравитация (конц.стол, ц/б сеп., тяжелые среды), ММС, электрическая и спец. сепарация, флотация (пенная сепарация)
Тонкие	0,2-0,02	Флотация, гидрометаллургия
Весьма тонкие (эмульсионные)	0,02-0,002	Флотация шламов, ионная флотация, гидрометаллургия
Субмикроскопические и коллоидные	<0,002	Гидрометаллургия

Показатели эффективности

- Коэффициент селективности (В.И. Трушлевич)

$$S = \frac{\beta_{\kappa} - \beta_{xв}}{\alpha}, \%$$

- Эффективность разделения (Э.Хеннон)

$$S = \frac{(\beta_{\kappa} - \beta_{xв})}{100 - \alpha}, \%$$

- Эффективность обогащения

$$S = \frac{\varepsilon_{\kappa} - \gamma_{\kappa}}{1 - \alpha} \cdot 100, \%$$

- Коэффициент разделения по А.М. Годэну

$$S = \frac{\beta_{\kappa} (1 - \beta_{xв})}{\gamma_{xв} (1 - \beta_{\kappa})}, \text{ доли.ед.}$$

- Коэффициент обогащения (Ханкок-Луйкен)

$$S = \frac{\gamma_{\kappa} (\beta_{\kappa} - \alpha)}{\alpha (1 - \alpha)}, \text{ доли.ед}$$

$$S = \frac{\gamma_{\kappa} (\beta_{\kappa} - \alpha)}{\alpha (1 - \frac{\alpha}{\beta_{\text{минерал}}})}, \text{ доли.ед}$$

- Степень концентрации

$$\eta = \frac{\beta_{\kappa}}{\alpha}, \text{ доли.ед}$$

$$\eta = \frac{\beta_{\kappa}}{\beta_{xв}}$$

Селективность выделения

$$\eta = \beta_1 / \beta,$$

где β_1 и β - содержание металла в концентрате и минерале.