

Лекция № 2:



Основы технологии переработки руд цветных металлов



Обогащение руды (получение концентрата)

- **Обогащение** - комплекс технологических мероприятий, направленных на повышение концентрации целевых компонентов в веществе, добытом из недр.
- Обогащенную часть называют **концентратом**, отходы - **хвостами**.
- Обогащение возможно только после дробления и измельчения руд до крупности, позволяющей обособить отдельные зерна и расколоть сростки минералов и пустой пород
- Обогащение упрощает и удешевляет металлургическую переработку руд, способствует расширению ресурсов минерального сырья



Технологическая схема процессов обогащения



- Процесс обогащения занимает промежуточное положение между добычей и последующей переработкой полезных компонентов.
- Обогащение руд осуществляется методами механической обработки, не связанной с химическими превращениями минералов; химический состав минералов при обогащении остается неизменным. Изменяются лишь количественные соотношения между содержаниями ценных минералов и пустой породы в исходном сырье и продуктах обогащения.

Технологические показатели процессов обогащения

Важнейшими технологическими показателями процесса обогащения являются извлечение полезного компонента, переводимого в концентрат, и его содержание в концентрате

$$E = \frac{\gamma \times \beta}{\alpha},$$

E - извлечение в концентрат, %

γ - выход концентрата, %

α - содержание целевого компонента в руде

β - содержание целевого компонента в концентрате.



Подготовительные операции процессов обогащения



Дробление, измельчение, грохочение и классификация – подготовительные операции процесса обогащения.

Задача подготовительных процессов – доведения минерального сырья до крупности, необходимой для последующего обогащения.

Задачей процессов дробления и измельчения служит разъединение (раскрытие) зерен различных минералов, содержащихся в полезном ископаемом, тесно переплетенных и сросшихся между собой. Чем полнее освобождаются (освобождаются один от другого) минералы при дроблении и измельчении, тем успешнее последующее обогащение полезного ископаемого.



ДРОБЛЕНИЕ РУДЫ

- Куски руды поступающие с рудника, могут быть в поперечном сечении 1200-1500 мм, для последующих стадий обогащения и металлургической переработки требуется материал меньшей крупности (вплоть до 0,05мм и менее), поэтому руду необходимо подвергнуть дроблению и измельчению.
- Различают следующие стадии дробления и измельчения:

- крупное дробление	1500-300	300-100
- среднее дробление	300-100	50-10
- мелкое дробление	50-10	10-2
- тонкое измельчение	2	0,05.....

Классификация машин для дробления (проф. Л.Б. Левенсон)

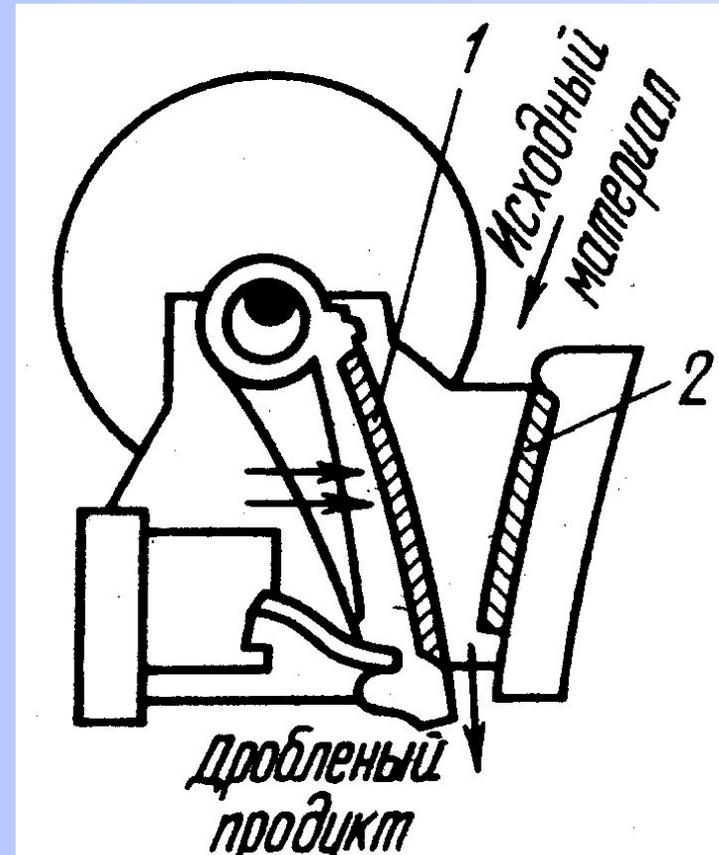
1. Щековые дробилки
2. Конусные дробилки
3. Валковые дробилки
4. Ударные (или молотковые) дробилки
5. Бегуны
6. Барабанные дробилки (или мельницы)



ЩЕКОВАЯ ДРОБИЛКА

Для **крупного дробления** пользуются щековыми дробилками, производительность которых достигает 500 т/час

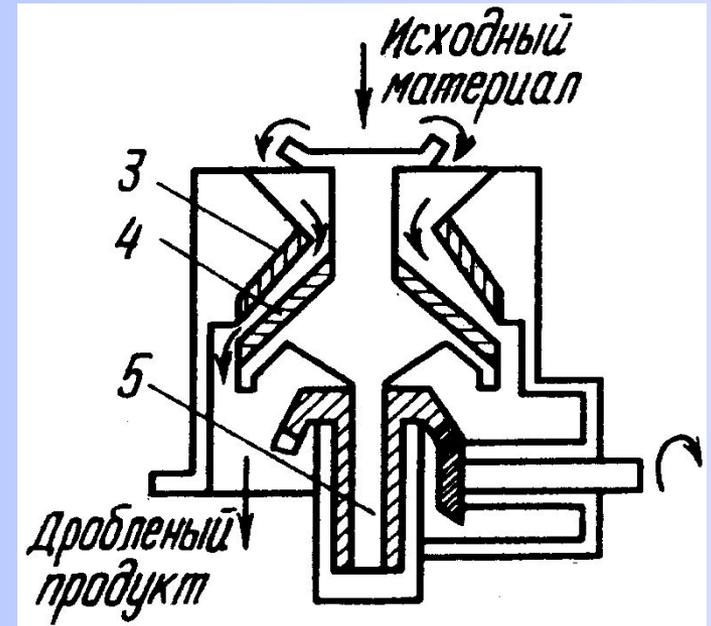
- 1 – подвижная щека
- 2 – неподвижная щека





КОНУСНАЯ ДРОБИЛКА

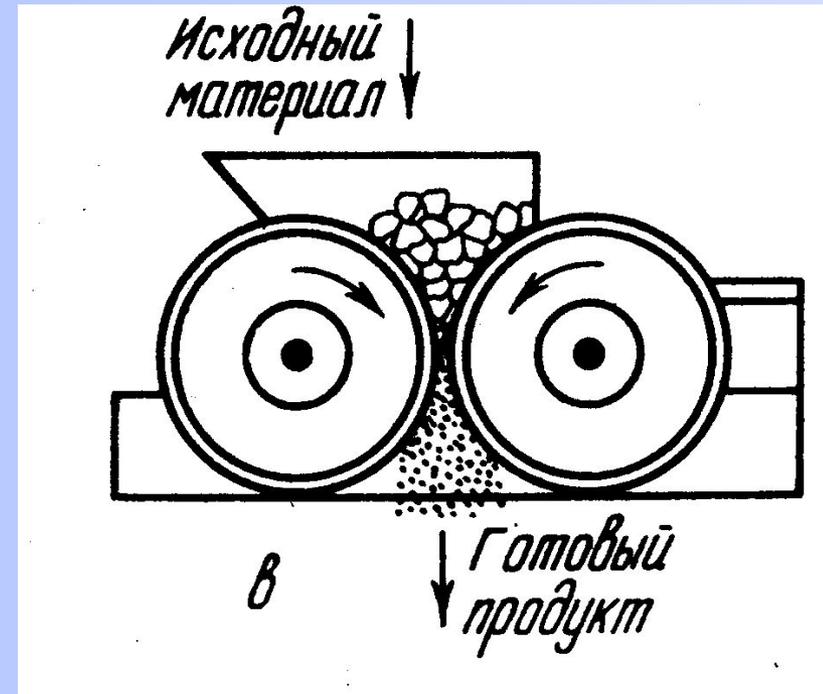
- Непрерывно раздавливают материал между конусами, один из которых перекачивается по внутренней поверхности другого
- Производительность до 200 т/час
- 3 – неподвижный конус
- 4 – подвижный конус
- 5 – вал





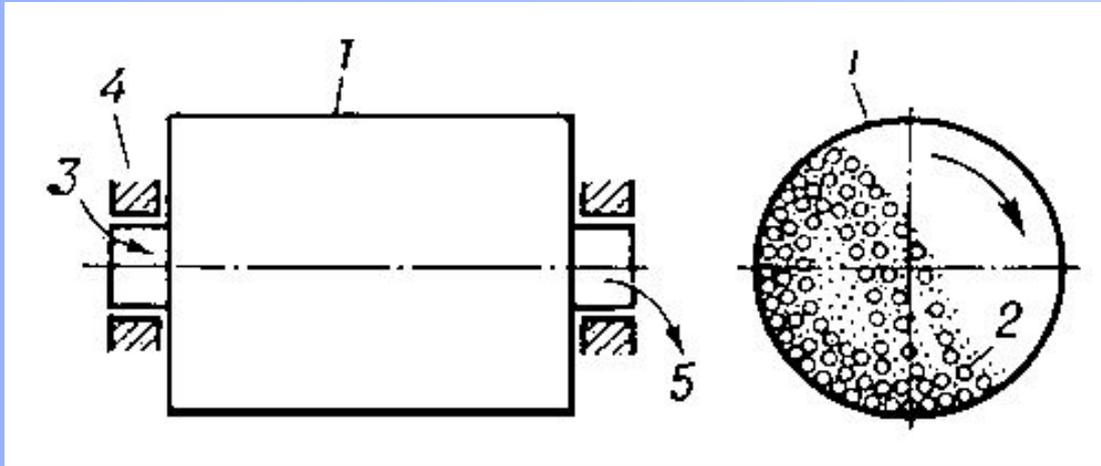
ВАЛКОВАЯ ДРОБИЛКА

- Среднее и мелкое дробление выгоднее осуществлять в валковых дробилках
- Валки покрыты твердой сталью и могут быть:
 - гладкими,
 - рифлеными
 - зубчатыми
- Производительность до 100 т/час





МЕЛЬНИЦЫ



Барабанно-шаровая мельница

1-барабан

2-дробящие тела (шары)

3-загрузка исходного материала

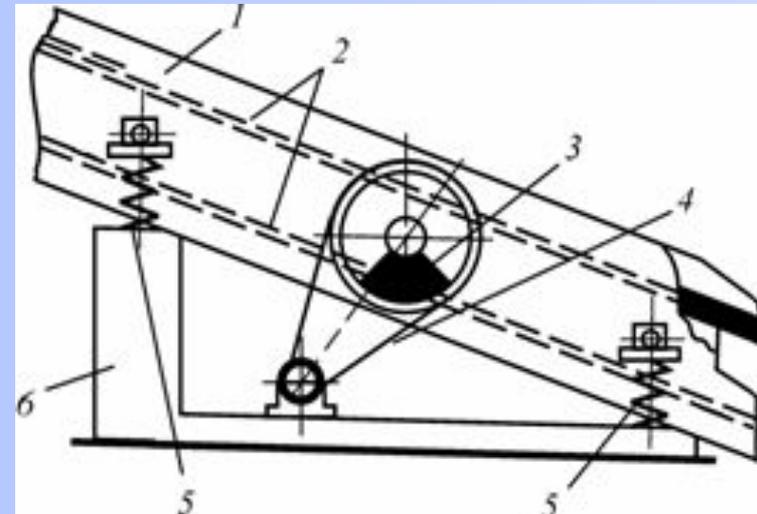
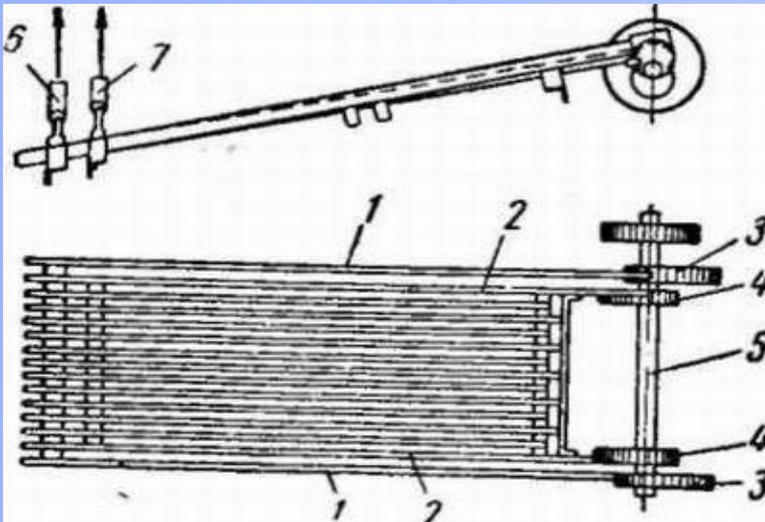
4-подшипники

5-разгрузка исходного материала

- Применяются для исходных кусков менее 50 мм;
- По виду дробящих тел мельницы подразделяются на: стержневые, шаровые и галечные;
- Диаметр дробящих тел 20-150 мм;
- Скорость вращения барабана 12-40 об/мин;
- Часто используют мокрое измельчение (в воде)

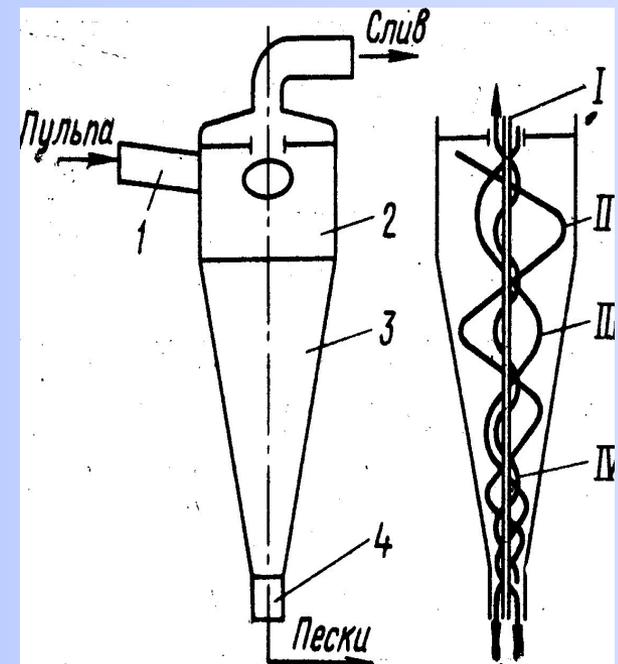
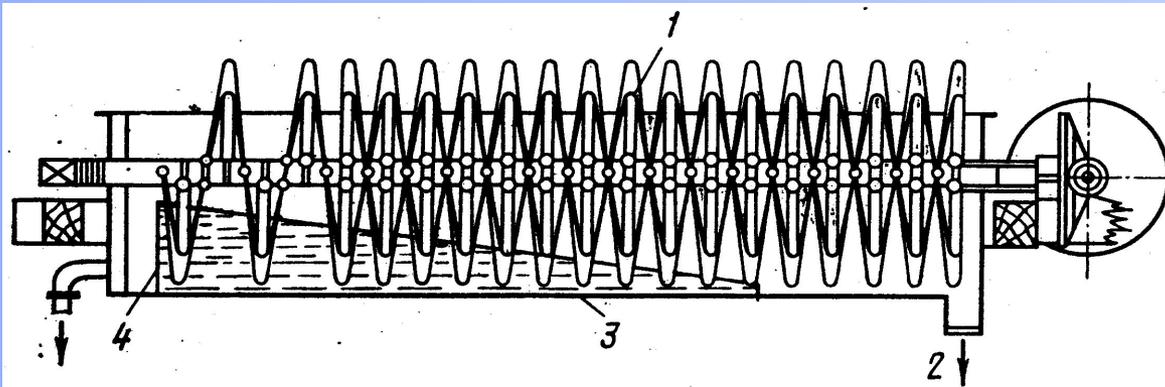
ГРОХОЧЕНИЕ

- Минералы измельчаются различно в зависимости от твердости, хрупкости, вязкости и формы кусков
- Часть руды может оказаться мельче/крупнее чем нужно, поэтому после каждой стадии руду классифицируют по крупности **грохочением**, процессом подобным просеиванию
- Виды грохотов:
1-колосниковый; 2-вибрационный; 3-барабанный;



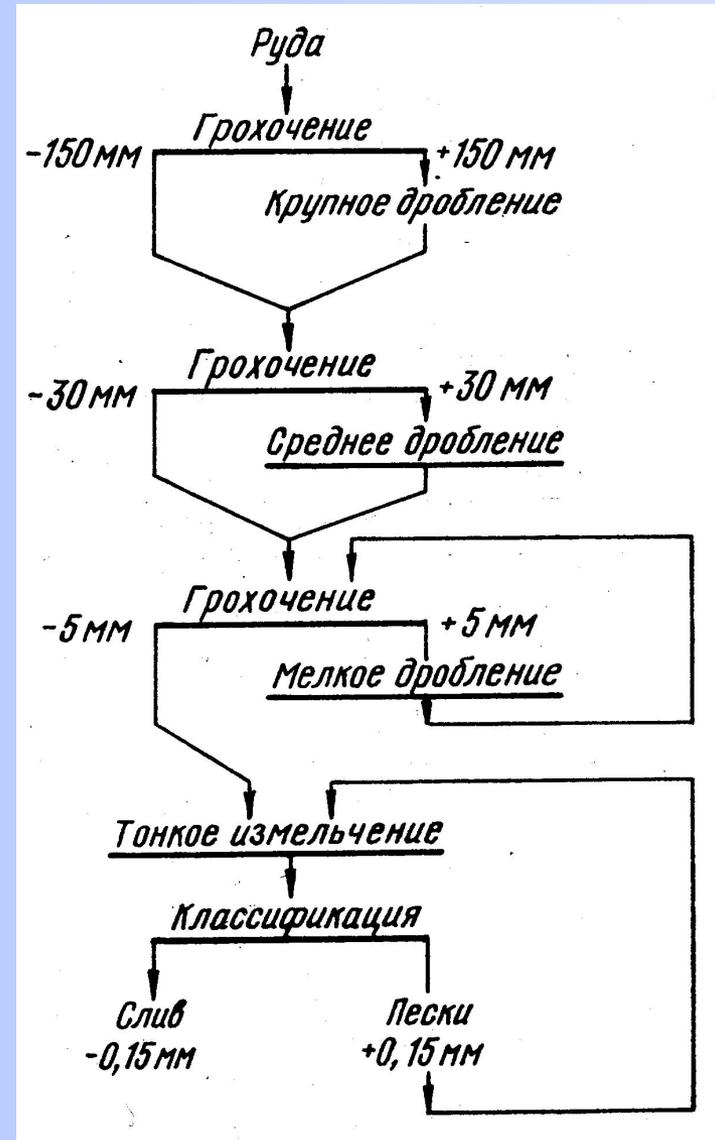
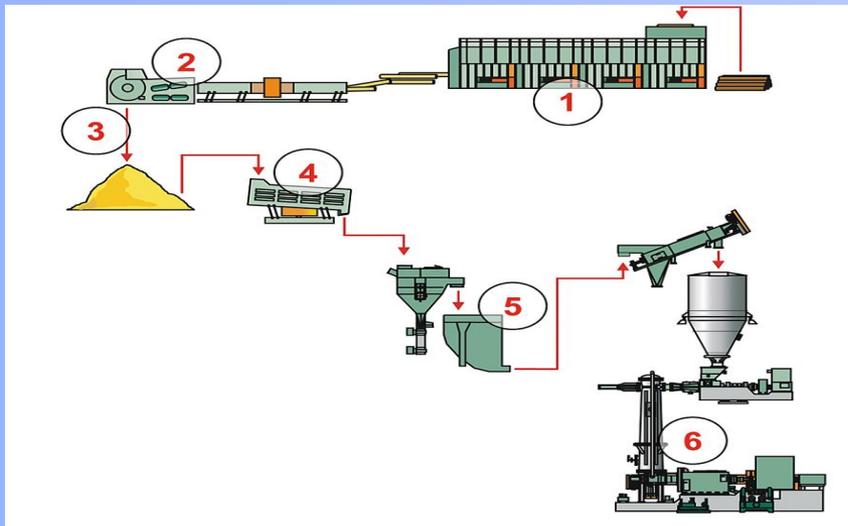
КЛАССИФИКАЦИЯ ПО КРУПНОСТИ

- После мокрого измельчения применяют гидравлическую классификацию, основанную на различии скоростей оседания из пульпы крупных и мелких частиц либо действию на них центробежной силы
- Применяют:
 - 1- спиральные классификаторы;
 - 2- гидроциклоны.

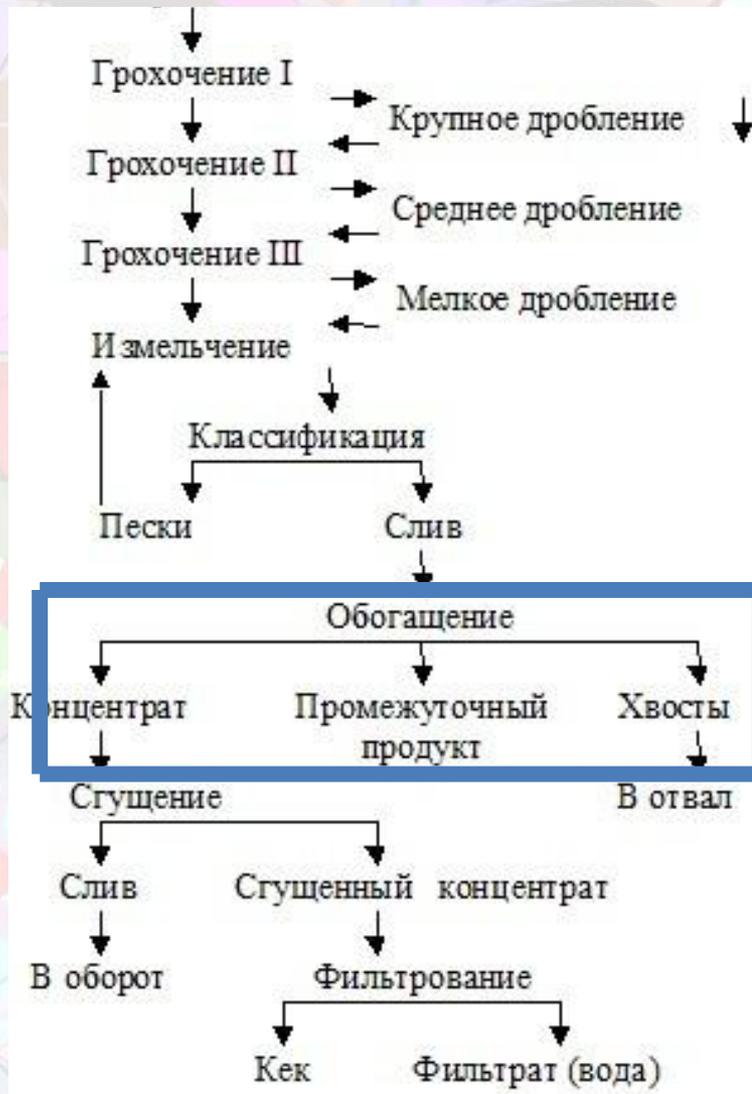


Стандартная схема дробления, измельчения и классификации

- Схема должна удовлетворять следующим требованиям:
 - 1) не дробить лишнего;
 - 2) выдавать материал не крупнее заданного размера.



Способы обогащения руды

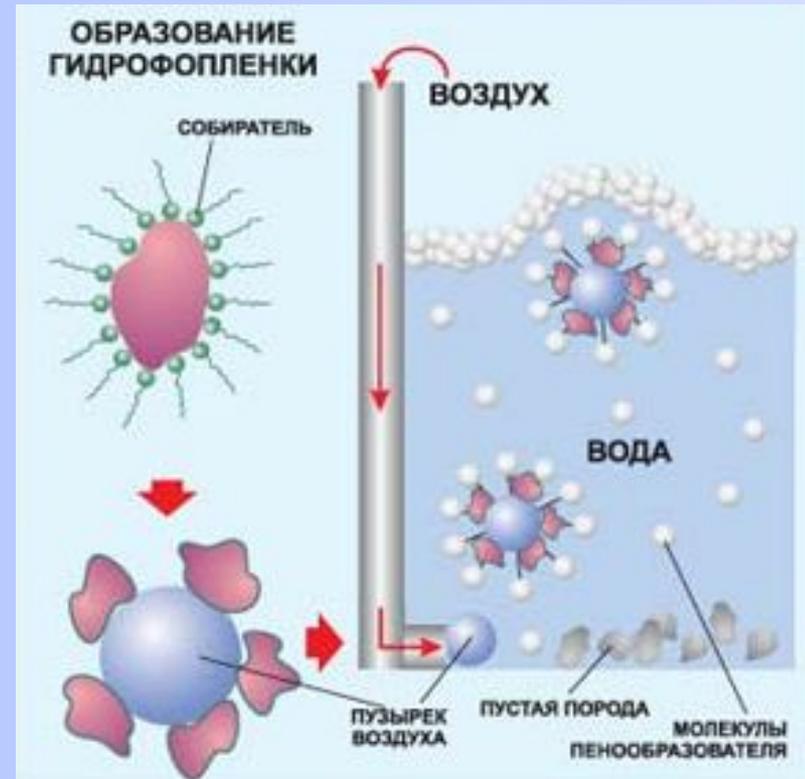


Виды обогатительных операций:

1. Электрическое обогащение
2. Магнитное обогащение
3. Гравитационное обогащение
4. Обогащение в тяжелых средах
5. Флотационное обогащение

ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

- Флотационное обогащение основано на различной смачиваемости минералов водой после обработки руд особыми флотационными реагентами (ПАВ)
- Пенная флотация основанная на способности не смачиваемых (гидрофобных) минералов прилипать к пузырькам воздуха, образующимся в результате аэрации пульпы, и всплывать вместе с ними на поверхность пульпы, образуя пенный продукт, а смачиваемых (гидрофильных) минералов оставаться взвешенными в пульпе, образуя камерный продукт





Обогащение в тяжелых средах

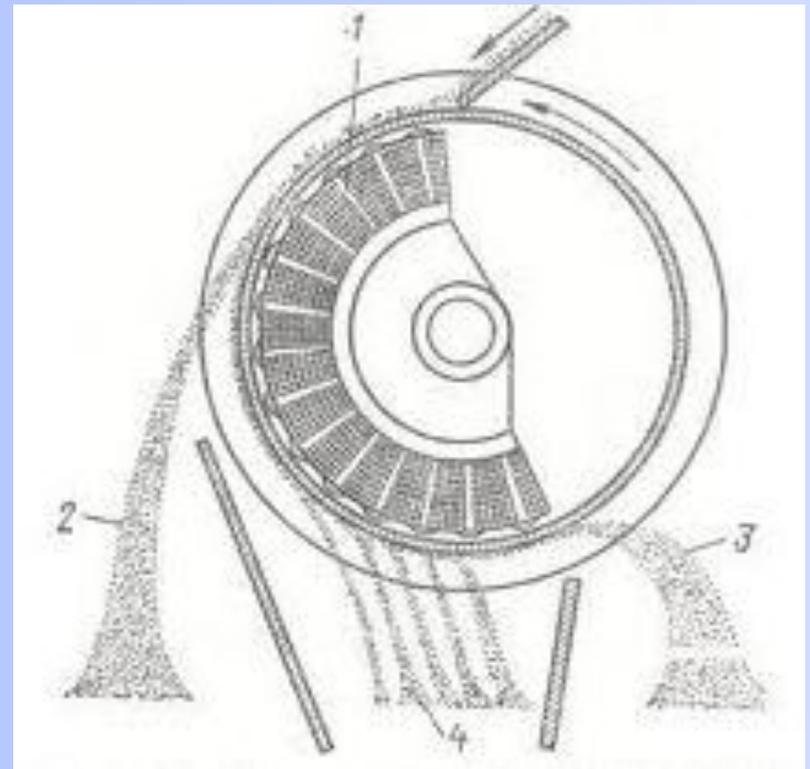
- Основано на разделении компонентов сырья по плотности в среде, которая занимает промежуточное положение между легкими и тяжелыми частицами
- Более плотные частицы тонут, а более легкие всплывают на поверхность среды и удаляются специальными гребками
- В качестве тяжелых сред применяют *суспензии*, растворы неорганических солей (хлориды Ca и Zn), а также органические жидкости
- Суспензия – взвесь тонкоизмельченных твердых частиц в воде



МАГНИТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

- Минералы, имеющие достаточную магнитную восприимчивость, могут быть отделены от других с помощью магнита или электромагнита
- Материалы разделяются на магнитную и немагнитную фракции (слабомагнитную)
- Магнитная сепарация может быть сухой или мокрой

Барабанный магнитный сепаратор для сухого магнитного обогащения



Финальные этапы процессов обогащения руды – обезвоживание пульпы

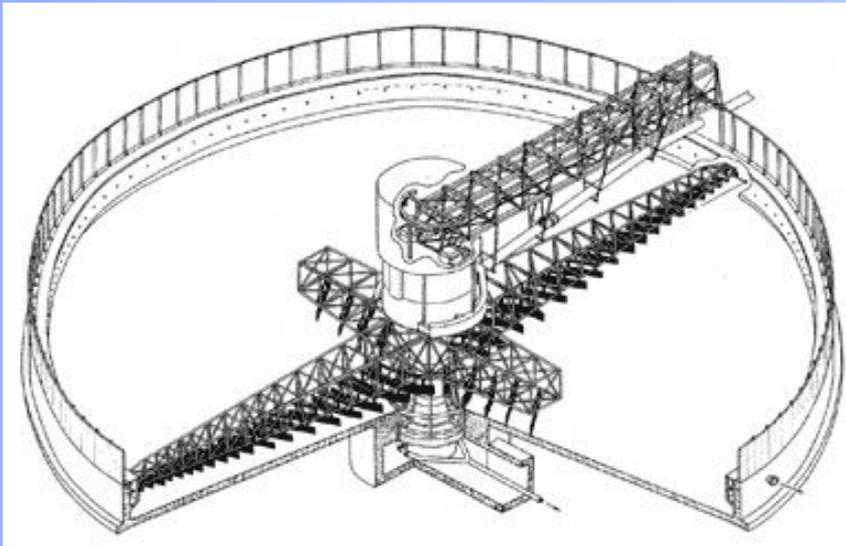


- Обогащение чаще всего ведут в водной среде (пульпе)
- На плавку необходимо подавать твердый и сухой материал, поэтому требуется проводить обезвоживание пульпы
- Обезвоживание пульпы проводят последовательно тремя способами:
 - 1 – сгущение (отстаивание);
 - 2 – фильтрование;
 - 3 – сушка.



СГУЩЕНИЕ

- Для сгущения пульпу отстаивают в чанах-сгустителях. Получают осветленный верхний слив и сгущенный продукт – нижний слив.
- Крупные частицы оседают из пульпы быстрее мелких
- Для укрупнения мелких частиц применяют флокулянты и коагулянты.

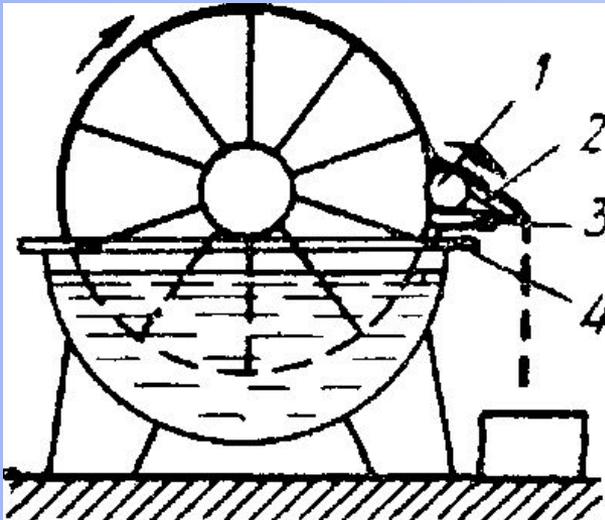


Чан-сгуститель (схема и фото)



ФИЛЬТРОВАНИЕ

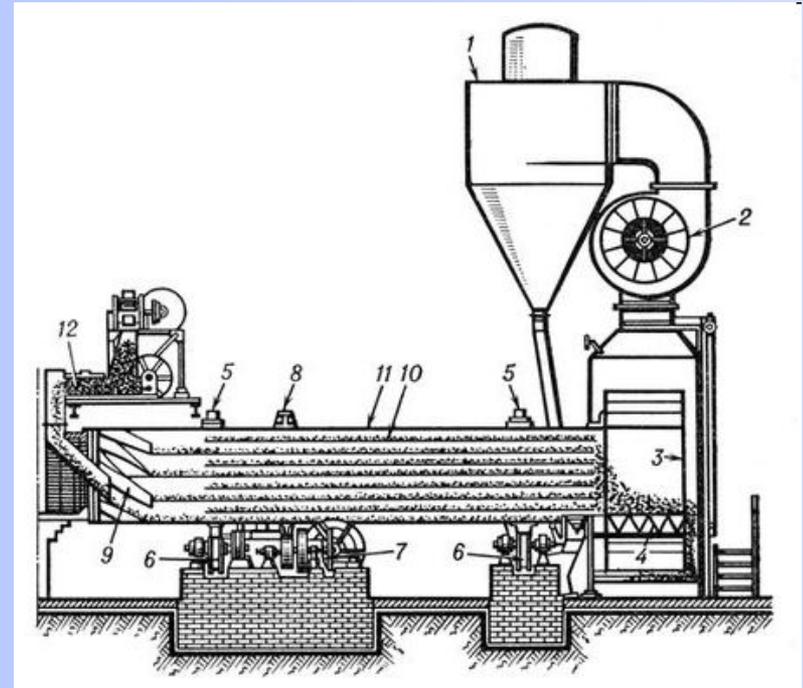
- Фильтрация пульпы основана на продавливании жидкости через пористую перегородку, не пропускающую твердых частиц
- Фильтрующими материалами служат х/б и синтетического ткани
- Различают две основные разновидности фильтров:
 - 1) вакуум-фильтры, в которых разность давлений создается за счет вакуума в приемнике фильтрата (барабанный, дисковый)
 - 2) фильтр-прессы, работающие под внешним давлением.





СУШКА КОНЦЕНТРАТА

- Окончательное обезвоживание достигается высушиванием (нагревом до температуры испарения воды)
- Скорость сушки пропорциональна разности давления паров воды над материалом и в окружающей его газовой среде
- Для сушки используются:
 - 1 – барабанные сушилки;
 - 2 – сушилки с вертикальной трубой





КОНДИЦИИ КОНЦЕНТРАТОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Примерные содержания ценных компонентов в
рудных концентратах цветных металлов:

Медный сульфидный конц. Cu 11-20%, S 30-43%

Медно-никелевый конц. Cu 4-10%, Ni 4-6%

Оловянный конц. Sn 40-55%

Свинцовый конц. Pb 30-78%, Zn 3-14%

Цинковый конц. Zn 25-50%, Cu 2-5%

Титановый конц. TiO₂ 42-63%, Fe 35-55%

Золотой конц. Au 10-250 г/т и более

Перерыв 5 минут



Металлургическая переработка сульфидных медно-никелевых концентратов

Технологическая схема (участка, отделения, цеха, предприятия) - комплекс применяемых металлургических процессов, подготовительных и вспомогательных операций.

Особенности технологической схемы переработки сульфидных медно-никелевых руд:

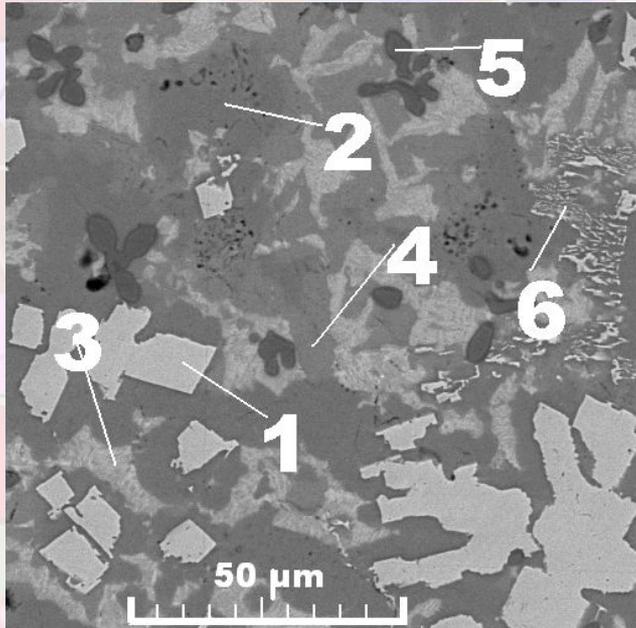
- 1) Основная стадия – плавка на штейн. Продукты плавки – медно-никелевый штейн (на конвертирование), шлаки (в отвал) и богатые SO₂ (на получение серной кислоты).**
- 2) При конвертировании получают медно-никелевый файнштейн (твердый раствор сульфидов меди и никеля, содержащий не более 3% железа);**
- 3) После конвертирования медно-никелевый файнштейн направляют на операцию разделения (методом флотации) с получением медного и никелевого концентрата;**
- 4) Медные и никелевый концентраты подвергают самостоятельной переработке по различным веткам технологической схемы;**
- 5) Товарная продукция: медь, никель, кобальт, электролитные шламы, содержащие в себе благородные металлы, селен, теллур и**



Плавка на штейн

- Цель процесса - перевод меди в штейн, а оставшейся пустой породы в шлак
- Штейн
Расплав, состоящий из **сульфидов** цветных металлов и железа; содержит также некоторое количество оксидов железа, кремния, алюминия и кальция
- Шлак
Расплав на основе **оксидов** пустой породы (Si, Al, Ca, Mg) и железа; содержит ценный металл в растворенной форме и в виде королек
- Операция производится с расплавами при температурах 1200-1350°C
- Штейн и шлак – два несмешивающихся расплава, что позволяет слить их отдельно

Штейн руднотермической плавки



1 – металлическая фаза

2 – FeS

3 – Cu_5FeS_4

4 – $(\text{Fe},\text{Ni})\text{S}$

5 – FeO

6 – эвтектика (Fe +

FeS)

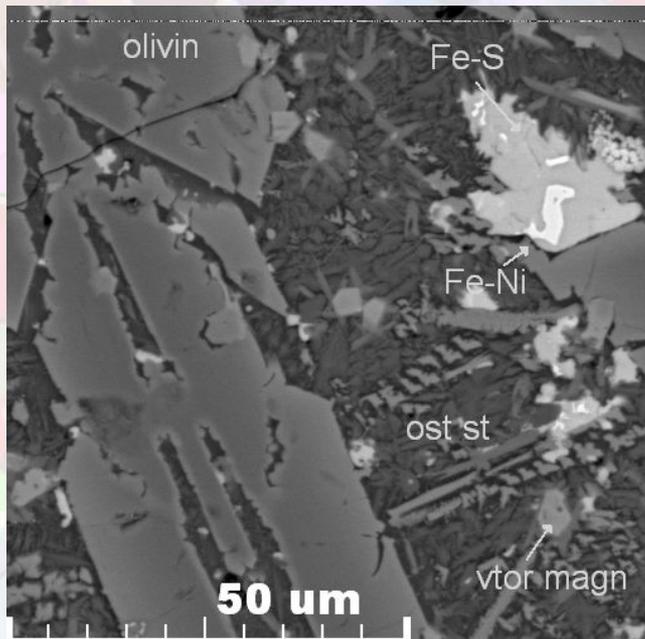
Химический и минералогический составы штейна РТП:

Химический состав						Минералогический состав					
Массовая доля, %											
Ni	Cu	Co	Fe _{общ}	Fe _{мет}	S	Ni ₃ S ₂	Cu ₂ S	CoS	FeS	F _{мет}	Fe ₃ O ₄
11,5-13,2	7,1-9,5	0,65-0,83	51,4-55,1	12,7-14,8	23,5-24,0	18-21	10-12	0,7-0,9	56-62	10-15	4-5

Шлак руднотермической плавки

Шлак - расплав на основе оксидов пустой породы (Si, Al, Ca, Mg) и железа; содержит ценный металл в растворенной форме и в виде королек.

Важнейшими оксидами, входящими в состав шлаков, являются SiO_2 , $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , CaO и Al_2O_3 .



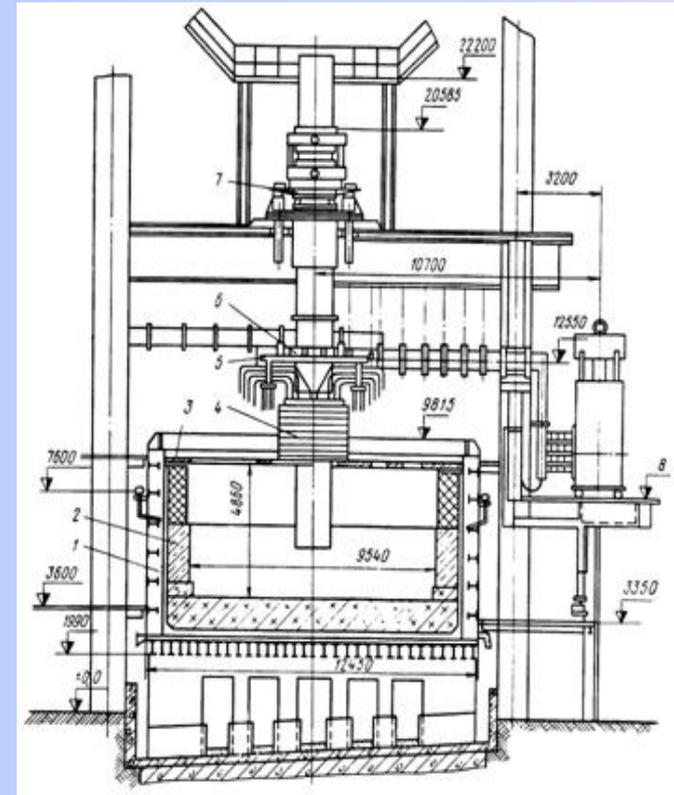
Кроме этого, в шлаке содержится незначительное количество цветных металлов в сульфидной и оксидной форме (0,3 – 0,5 %). Содержание цветных металлов в шлаке зависит от состава шлака, штейна, их температуры и условий ведения технологического процесса.

Химический состав отвального шлака.

Массовая доля, %								
Ni	Cu	Co	FeO	S	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
0,06- 0,08	0,10- 0,13	0,053- 0,066	31,8- 34,3	1,10- 1,95	35,2- 38,9	3,56- 5,13	1,98- 3,04	5,42- 6,19

Руднотермическая электропечь

- Плавку на штейн медной руды, концентрата или огарка ведут в электропечах
- Технологические показатели процесса:
 - Удельный расход электроэнергии 330-400 кВт·ч/т огарка
 - Удельный проплав 6-12 т/м²·сут
 - Содержание меди в штейне 25-40%
 - Содержание меди в шлаке 0,4-0,8%
 - Извлечение меди в штейн 95-98%
- Рабочая мощность РТП обычно составляет 12-15 МВт (но может достигать и до 40 МВт)



Конвертирование медно-никелевых штейнов

Конвертирование – окисление железа и серы продувкой воздуха или обогащенного кислородом дутья через слой расплавленного штейна.

Оксид железа переводится в шлак, SO_2 переводится в газовую фазу.

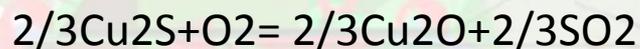
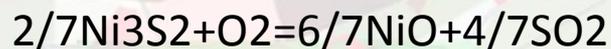
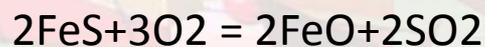
Сульфиды никеля и меди переводятся в основной продукт конвертирования – **файнштейн**.

Основные реакции конвертирования:

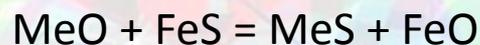
1) Окислительные реакции:



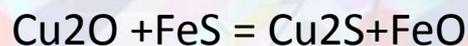
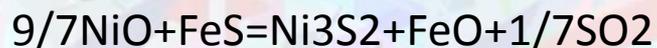
Например:



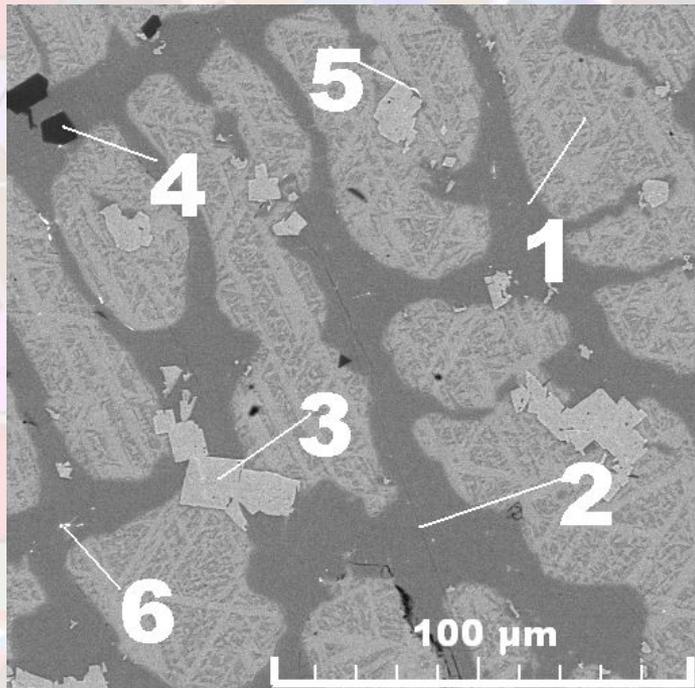
2) Обменные реакции:



Например:



Медноникелевый файнштейн



- 1 – Cu_2S
- 2 – Ni_3S_2
- 3 – $(\text{Cu-Ni})_{\text{мет.}}$
- 4 – оксидная фаза
- 5 – Cu
- 6 – PbS

Химический состав медно-никелевого файнштейна

Массовая доля, %				
Ni	Cu	Co	FeO	S
33,4 – 38,8	33,2 – 38,4	0,78 – 0,79	2,6 – 3,0	22,0 – 22,6



Конвертирование

- Целью операции является перевод железа штейна в шлак, а серы в газы за счет окислительной продувки расплава в специальном оборудовании – конвертере (конверторе)
- Конвертирование относится к автогенным процессам
- Целевым продуктом операции является финштейн
- Конвертерный шлак является оборотным продуктом и направляется в расплавленном виде в электрические печи обеднения или в рудно-термические печи.
- Продувка расплава производится воздухом через фурменный пояс агрегата
- Наиболее широко распространены горизонтальные конверторы

