

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ГОРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

# Дисциплина «Введение в инженерное дело»

## Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья

П. М. Маниковский

## Понятие об обогащении полезных ископаемых

**ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ** - совокупность процессов извлечения ценных компонентов из твёрдого минерального природного и техногенного сырья с целью получения продуктов для дальнейшей технически возможной и экономически целесообразной переработки либо использования.

*Чантурия Валентин Алексеевич,  
Большая российская энциклопедия*



## Способы обогащения (методы)

Способы обогащения основаны на разделении минералов по *их свойствам*:

плотности – *гравитационное обогащение*,  
смачиваемости поверхностей – *флотация*;

магнитной восприимчивости – *магнитная сепарация*;

электрическим свойствам (электрической проводимости,  
диэлектрической проницаемости, способности заряжаться при  
трении) – *электрическая сепарация*;

различию в естественной и наведённой радиоактивности –  
*радиометрическое обогащение и др.*

## Способы обогащения (методы)

Для повышения контрастности (отличий) технологических свойств минералов применяют различные способы (Ультразвуковые, электрохимические, радиационные, термические и др.) воздействия на руды и продукты обогащения.

Обогащение полезных ископаемых осуществляют на **обогащительных фабриках**.

# Понятие об обогатительной фабрике

**ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА** — горное предприятие для первичной переработки твёрдых полезных ископаемых с целью получения технически ценных продуктов, пригодных для промышленного использования.

На обогатительных фабриках перерабатываются (обогащаются) **руды цветных металлов** (медные, медно-никелевые, свинцово-цинковые, вольфрам-молибденовые, оловянные и др.), **руды чёрных металлов** (железные, марганцевые, хромовые), **неметаллические полезные ископаемые** (фосфорные, калийные, графитовые и прочие руды и материалы) и **угли**.

Первая обогатительная фабрика для извлечения золота была построена в России в 1748-1760 г.

# Понятие об обогатительной фабрике

В зависимости от применяемых процессов переработки обогатительные фабрики делят:



В связи с современными требованиями к комплексности переработки полезных ископаемых всё большее распространение получают обогатительные фабрики с комбинированной технологией, включающие обжиг или гидрометаллургию.

# ГРК «Быстринское» - общий вид на фабрику



KP.RU | Экономика

Новая индустриализация: «Норникель» построил с нуля крупнейший комбинат со времен СССР

# Куранахская ЗИФ (Золотоизвлекательная фабрика)



## Комплексная переработка

**КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА** минерального сырья — разделение полезных ископаемых на конечные продукты с извлечением **всех** содержащихся в исходном сырье **ценных компонентов**, производство которых технически возможно и экономически целесообразно.

Идея комплексной переработки выдвинута в 1931 году Александром Евгеньевичем Ферсманом.

Комплексная переработка основана на генетических особенностях месторождений полезных ископаемых, которые всегда содержат несколько, иногда десятки ценных компонентов.

# ПРОЦЕССЫ

## Процессы

**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ**

ДРОБЛЕНИЕ

ГРОХОЧЕНИЕ

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ

ОБЖИГ

**ОСНОВНЫЕ**

ГРАВИТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

ФЛОТАЦИЯ

**ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ**

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ

СГУЩЕНИЕ

СУШКА

ОСВЕТЛЕНИЕ ВОД

# Подготовительные процессы. Дробление

**ДРОБЛЕНИЕ** — процесс разрушения кусков руды, угля и другого твёрдого материала с целью получения требуемой крупности (более 5 мм), гранулометрического состава или степени раскрытия минералов.

Дробление основано на действии внешних сил — **сжатии**, **растяжении**, **изгибе** или **сдвиге**, которые проявляются в максимальной степени в ослабленных сечениях куска, вызванных дефектами его структуры (размером и формой), слоистостью, пористостью и трещиноватостью. Для процессов дробления наиболее важные характеристики — прочность (крепость) и дробимость кусков.

# Дробление

## ДРОБЛЕНИЕ РУДЫ



БУНКЕР

КОНВЕЙЕР

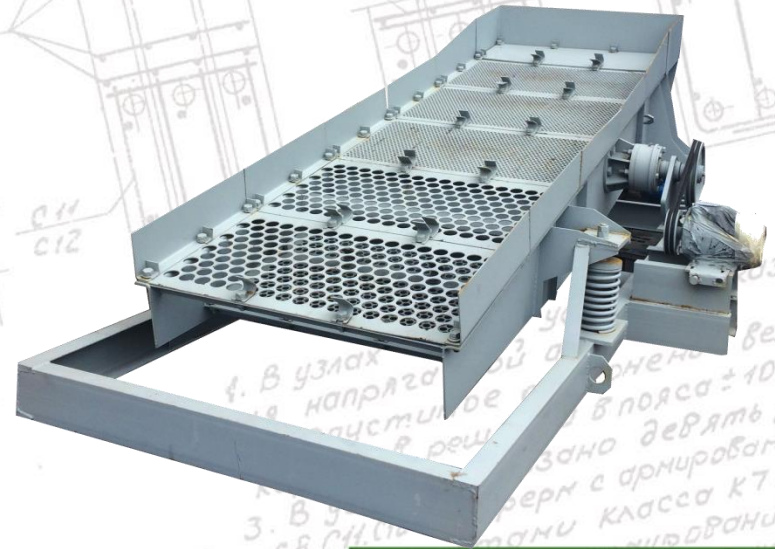
ДРОБИЛКА

На выходе получаем необходимую крупность куска

# Подготовительные процессы. Грохочение

**ГРОХОЧЕНИЕ** — процесс разделения (сортировки) сыпучих материалов по крупности частиц (кусков) на грохотах. Грохочение — важный элемент рудоподготовки, комбинируется, как правило, с дроблением.

Грохот ДС-185И.48.02.000

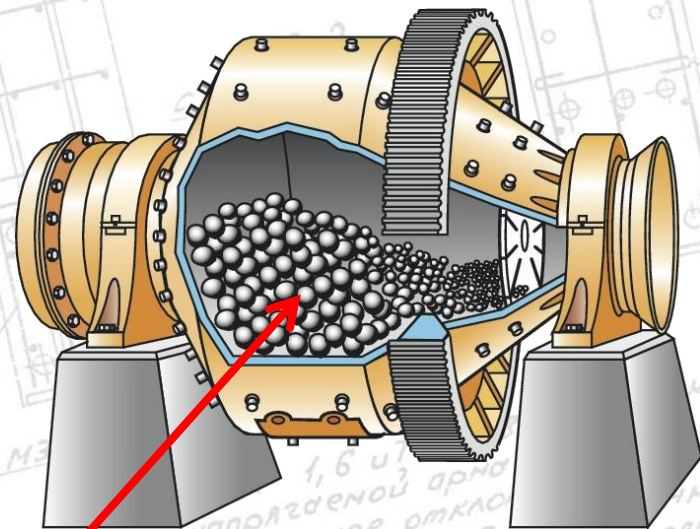


# Подготовительные процессы. Измельчение

**ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ** — процесс разрушения (дезинтеграции) кусков (частиц) твёрдого материала для доведения их размера до требуемой крупности (от 5 мм до десятков микрон), гранулометрического состава или заданной степени раскрытия минералов.

Измельчение известно с древнейших времён. Пест и ступка из камня применялись за 8 тысяч лет до н.э., ручные мельничные жернова — за 3 тысячи лет до н.э. С 16 века для измельчения руд использовали толчеи (падающие песты). С освоением энергии пара в конце 19 века измельчение проводили в шаровых мельницах.

# Измельчение



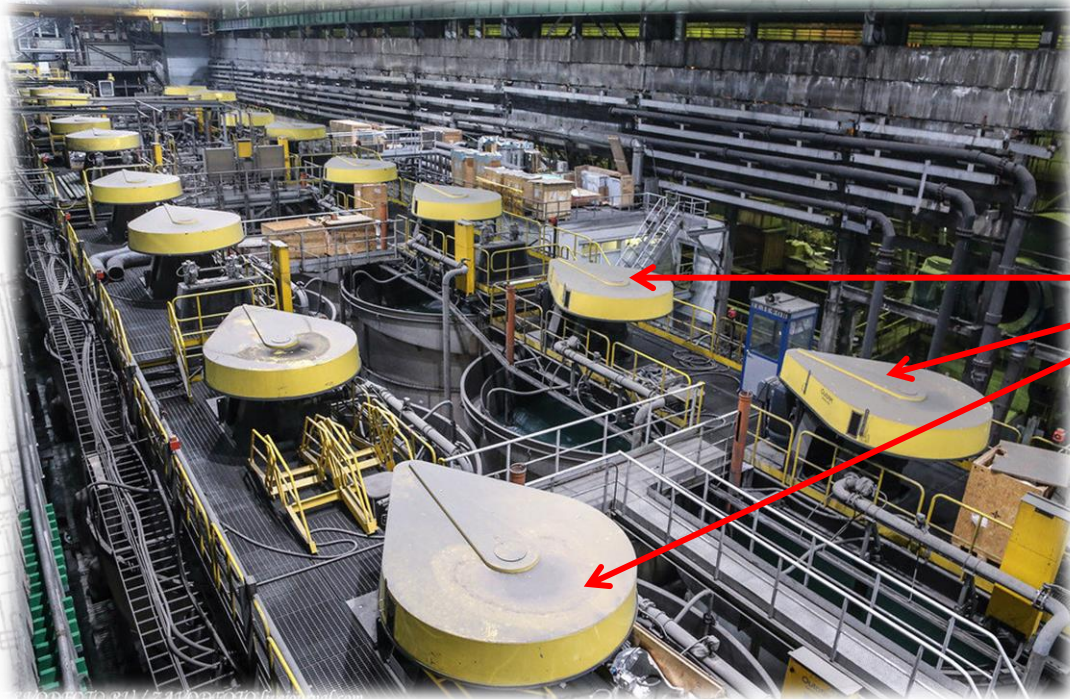
ШАРЫ (ОКАТЫШИ)

## Подготовительные процессы. Классификация

**КЛАССИФИКАЦИЯ** — процесс разделения (сепарации) измельчённых материалов в жидкой или воздушной среде на основе различия в скоростях падения (оседания) частиц разного размера, формы и плотности. Цель — получение продуктов различного гранулометрического состава и плотности.

Классификацию применяют при обогащении руд чёрных и цветных металлов, углей и т.п. для обеспечения оптимальной крупности продуктов при последующей обработке, в том числе перед гравитационным обогащением и флотацией, а также для аналитических целей. Крупность разделяемых частиц обычно от 1 мм до 40 **мкм ( $10^{-6}$  метра)**. Материал крупнее 3 мм (при обогащении угля крупностью до 13 мм) подвергается классификации редко.

# Классификация



КЛАССИФИКАТОРЫ

1. В узлах 1, 6 и 7 условно показано 4...
2. Допустимое отклонение величина каркасов решетки в пояса  $\pm 10$  мм.
3. В узле 1 показано девять рядов...

# Подготовительные процессы. Обжиг

**ОБЖИГ** — процесс термической обработки материалов, осуществляемый для направленного изменения их физических свойств и химического состава.

Обжиг применяют для подготовки руд и концентратов к последующему переделу (обогащению, окускованию, дистилляции, плавке и др.) или получения конечных продуктов (извести, цемента, пористых заполнителей, керамических изделий и др.).

Обжиг заключается в нагреве материалов до определённой температуры, выдержке при этой температуре и охлаждении с заданной скоростью. Различают термический обжиг с диссоциацией соединений, окислительный и сульфатизирующий; различные виды восстановительного и хлорирующего обжига.

## Основные процессы. Гравитационное обогащение

**ГРАВИТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ** полезных ископаемых — разделение минералов по плотности в поле силы тяжести или центробежных сил для отделения пустой породы и получения концентрата.

При гравитационном обогащении используется сила земного притяжения (откуда и название метода); иногда дополнительно привлекают поля центробежных сил или электромагнитные — при магнитогидростатической и магнитогидродинамической сепарации.

## Основные процессы. Гравитационное обогащение

Наряду с различиями в плотности, в процессах гравитационного обогащения используют также различия в размерах и форме частиц, шероховатости их поверхности и в других физико-химических свойствах (смачиваемость водой, склонность к коагуляции и флокуляции).

Основные факторы разделения при гравитационном обогащении — динамические и статические воздействия сред (воздуха, воды, суспензий). Впервые теория гравитационного обогащения была предложена немецким учёным П. Риттингером (1867). **См. СХЕМУ.**

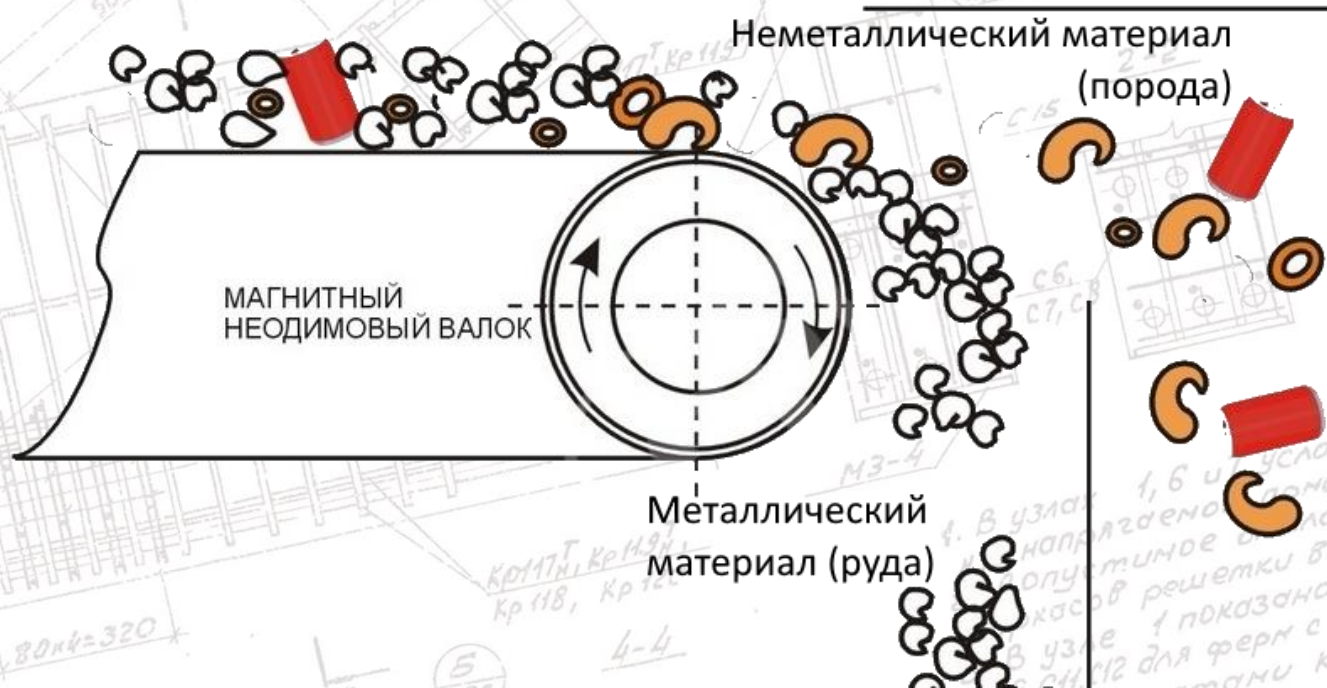
## Основные процессы. Магнитная сепарация

или **МАГНИТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ** — способ обогащения полезных ископаемых, основанный на использовании различия в магнитных свойствах (величинах магнитной восприимчивости, остаточной индукции, коэрцитивной силы и др.) компонентов разделяемой механической смеси (минералов, их сростков и др.) крупностью до 150 мм в неоднородном постоянном или переменном магнитном поле.

### Коэрцитивная сила

Коэрцитивная сила (от лат. coercitio «удерживание») — это значение напряжённости внешнего магнитного поля, необходимое для полного размагничивания ферро- или ферримагнитного вещества.

## Основные процессы. Магнитная сепарация



## Основные процессы. Флотация

**ФЛОТАЦИЯ** — процесс разделения мелких твёрдых частиц (главным образом минералов) в водной суспензии (пульпе) или растворе, основанный на избирательной концентрации (адсорбции) частиц на границах раздела фаз в соответствии с их поверхностной активностью или смачиваемостью.

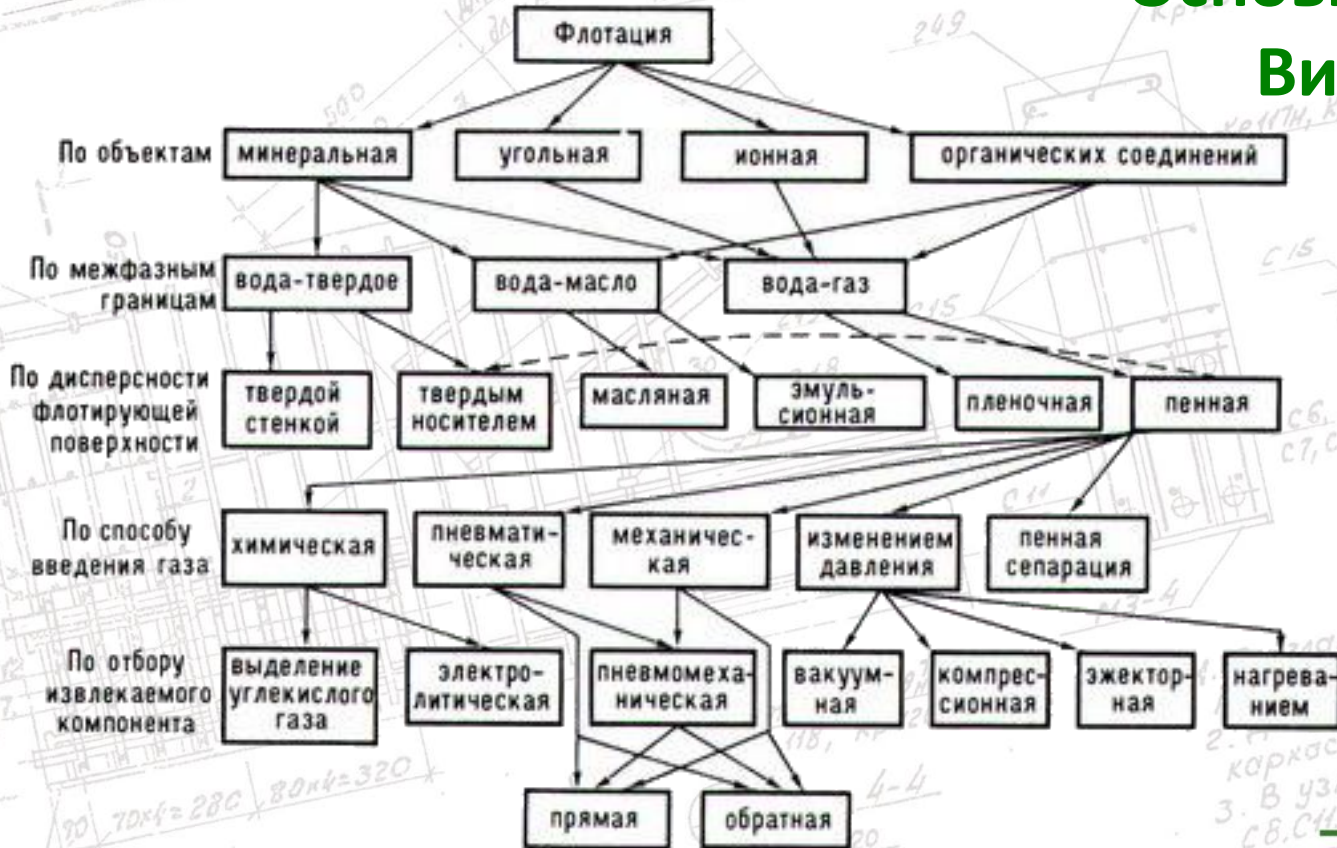
**Гидрофобные** (плохо смачиваемые водой) частицы избирательно закрепляются на границе раздела фаз (обычно газа и воды) и отделяются от **гидрофильных** (хорошо смачиваемых водой) частиц.

## Основные процессы. Флотация

**Флотация** — один из основных методов обогащения полезных ископаемых, применяется также для очистки воды от органических веществ (нефти, масел), бактерий, тонкодисперсных осадков солей и др.

Помимо горноперерабатывающих отраслей промышленности флотация используется в пищевой, химической и других отраслях для очистки промышленных стоков, ускорения отстаивания, выделения твёрдых взвесей и эмульгирования веществ и т.п. Широкое применение флотации привело к появлению большого количества модификаций процесса по различным признакам.

# Основные процессы. Виды флотации.

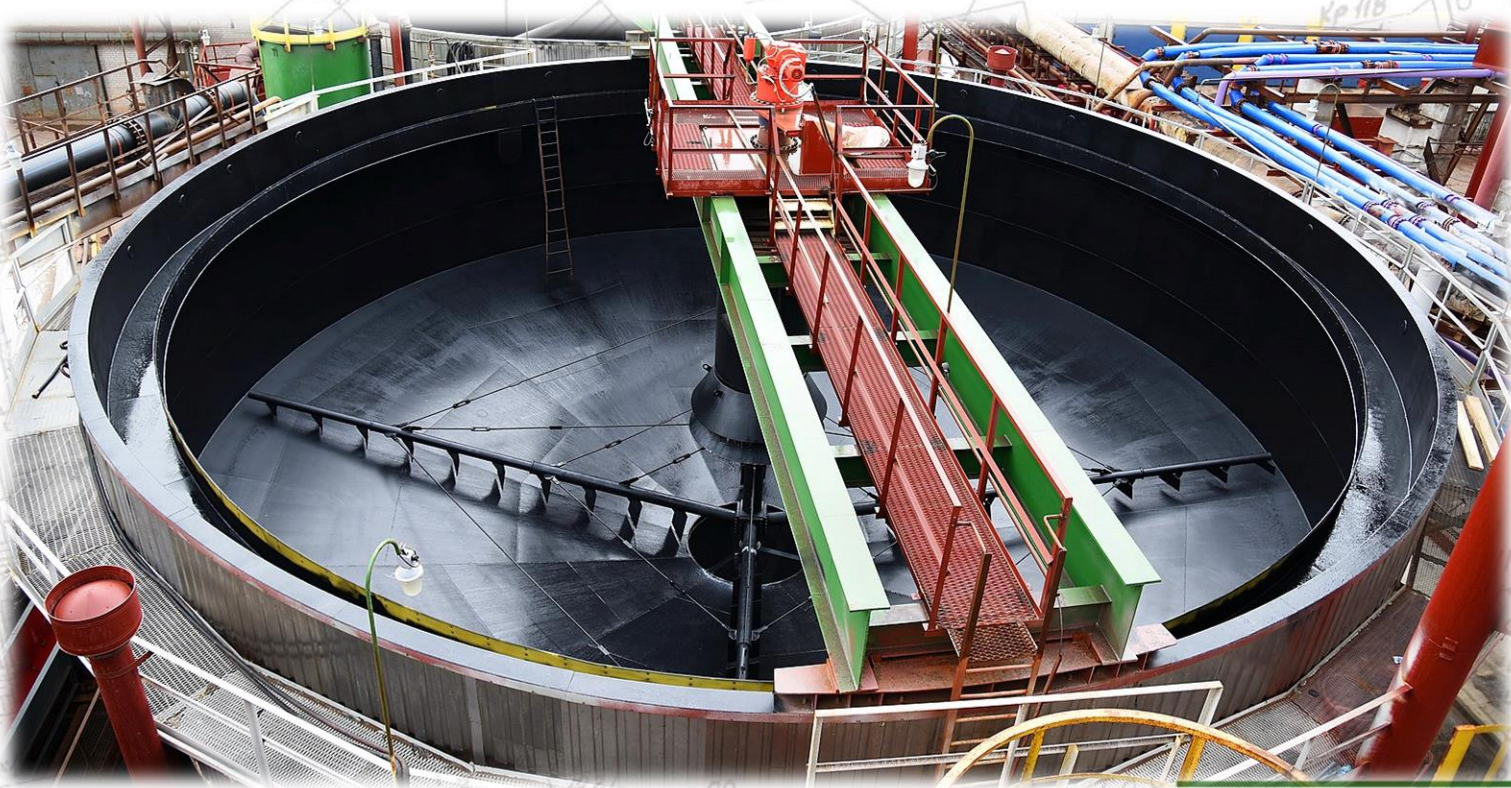


## Вспомогательные процессы. Сгущение

**Флотация** — один из основных методов обогащения полезных ископаемых, применяется также для очистки воды от органических веществ (нефти, масел), бактерий, тонкодисперсных осадков солей и др.

Помимо горноперерабатывающих отраслей промышленности флотация используется в пищевой, химической и других отраслях для очистки промышленных стоков, ускорения отстаивания, выделения твёрдых взвесей и эмульгирования веществ и т.п. Широкое применение флотации привело к появлению большого количества модификаций процесса по различным признакам.

## Вспомогательные процессы. Сгущение



Общий вид сгустителя

## Вспомогательные процессы. Сгущение

**Сгущение** применяют для обезвоживания продуктов при обогащении полезных ископаемых, в гидрометаллургическом, химическом и других производствах.

В результате сгущения получают осветлённую воду (чистый или замутнённый слив) и сгущённый продукт (хвост). Сгущённый продукт подвергается дальнейшей переработке или складированию, а осветлённая вода может возвращаться в процессы обогащения.

## Вспомогательные процессы. Сушка

**СУШКА** — процесс обезвоживания материала путём испарения влаги.

**Сушка** — широко распространённый, хотя и вспомогательный процесс, при обогащении твёрдых полезных ископаемых. Сушка — последняя стадия обезвоживания (как правило, после сгущения и фильтрации) твёрдых материалов.

## Вспомогательные процессы. Осветление вод

**ВОДНО-ШЛАМОВОЕ ХОЗЯЙСТВО** — технологический комплекс водоснабжения, обработки сточных и оборотных вод, а также шламов и мелких отходов (хвостов) обогащения.

Действует на обогатительных фабриках, применяющих мокрые методы обогащения.

На установках водно-шламового хозяйства достигаются осветление и очистка вод, сгущение, обезвоживание и складирование шламов и отходов обогащения, извлечение из шламов ценных компонентов.

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ГОРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

1. В узлах  $\Gamma$  и  $\Phi$  условно показано 4 ряда напрягаемой арматуры.
2. Допустимое отклонение величин каркасов решетки в пояса  $\pm 10$  мм.
3. В узле  $\Gamma$  показано девять рядов  $\Gamma$ ,  $\Phi$ ,  $\Psi$  для ферм с армированием пояса  $\Gamma$  для ферм класса  $\Gamma 7$ . Для пояса  $\Phi$  и  $\Psi$  армирование не показано.