

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №9 от 07 марта 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

---

Специальность: 21.05.04 Горное дело

---

Горные машины и оборудование

---

Квалификация: Горный инженер (специалист)

---

Форма обучения: заочная

---

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Власова Вера Викторовна Дата подписания: 05.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил: Федотов Константин Вадимович Дата подписания: 05.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Согласовал: Храмовских Виталий Александрович Дата подписания: 05.06.2025
--

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

### 1.1 Дисциплина «Обогащение полезных ископаемых» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Способность демонстрировать навыки ведения и организации технологических процессов добычи и переработки твердых полезных ископаемых	ПКС-1.1

### 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.1	Владеет навыками организации и ведения технологического процесса на обогатительном производстве	<p><b>Знать</b> - основные характеристики минерального сырья для организации и ведения процесса обогащения;</p> <p>- конструкцию и принцип действия основного и вспомогательного оборудования для организации и ведения технологического процесса на обогатительном производстве</p> <p><b>Уметь</b> - использовать основные характеристики сырья для определения технологии обогащения сырья;</p> <p>- выбирать и рассчитывать основное обогатительное и вспомогательное оборудование;</p> <p>- выбирать и рассчитывать схему рудоподготовки и обогащения минерального сырья</p> <p><b>Владеть</b> - терминологией и основными понятиями, касающимися системы организации и ведения технологического процесса на обогатительном производстве;</p> <p>- владеть методиками технологических расчетов в обогащении</p>

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Обогащение полезных ископаемых» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика горных пород», «Общая геология»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Рациональное природопользование», «Слесарное дело», «Горно-промышленная экология», «Механизация обогатительных фабрик», «Механизация открытых горных работ»

### 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	108	36	72
Аудиторные занятия, в том числе:	12	2	10
лекции	8	2	6
лабораторные работы	4	0	4
практические/семинарские занятия	0	0	0
Контактная работа, в том числе	0	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	92	34	58
Трудоемкость промежуточной аттестации	4	0	4
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Зачет		Зачет

### 4 Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

##### Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Характеристика и состав полезных ископаемых	1	2					1, 2	4	Устный опрос
2	Подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение,							1, 2	10	Устный опрос

	классификация, промывка)									
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						14	

#### Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Основные обогатительные процессы	2	2	1, 2	4			1, 2, 3, 4, 5	24	Устный опрос
2	Вспомогательные процессы	3	2					1, 3, 5	12	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								4	Зачет
	Всего		4		4				40	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Характеристика и состав полезных ископаемых	Характеристика качества полезных ископаемых – минеральный и гранулометрический состав, степень окисления, вкрапленность ценного компонента, твердость. Методы обогащения, основные процессы. Основная схема обогащения с получением концентрата и хвостов. Основные показатели – извлечение, выход продуктов обогащения, содержание ценного компонента в продуктах обогащения, степень концентрации
2	Подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация, промывка)	Методы дробления. Степень дробления. Основной принцип дробления. Общая характеристика процесса измельчения в мельницах. Понятие о пульпе. Расчетный класс при измельчении. Операции грохочения в схемах рудоподготовки. Понятие модуля и шкалы грохочения. Характеристика крупности. Ситовой анализ. Построение и назначение характеристик крупности. Основной принцип построения схем рудоподготовки. Классификация процессов и схем дробления, измельчения и грохочения. Применяемое оборудование в схемах рудоподготовки. Понятие о россыпях, их классификация по происхождению и промывистости. Оборудование для дезинтеграции и промывки.

##### Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Основные обогатительные процессы	<p>Теоретические основы гравитационного обогащения. Процессы и аппараты для гравитационного обогащения, область их применения. Концентрация на столах. Обогащение методом отсадки. Обогащение на шлюзах. Обогащение на винтовых сепараторах. Обогащение в центробежных сепараторах. Обогащение в тяжелых средах. Схемы гравитационного обогащения. Понятие процесса флотации, физико-химические основы процесса. Классификация флотационных машин. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин механического, пневмомеханического и пневматического типа, их преимущества и недостатки. Расчет флотационных машин. Вспомогательное флотационное оборудование. Классификация и область использования реагентов. Типы реагентосборителей при флотации руд цветных металлов, их механизм действия. Реагенты-депрессоры и активаторы при флотации руд цветных металлов. Щелочная и кислая среда при флотации. Реагентные режимы при флотации полиметаллических, золотосодержащих, медных, медно-молибденовых руд. Физические основы метода магнитного обогащения. Магнитные свойства вещества. Сущность и классификация магнитного метода обогащения. Классификация минералов по магнитным свойствам. Методики определения магнитных свойств минералов. Магнитные сепараторы и вспомогательное оборудование.</p>
2	Вспомогательные процессы	<p>Место и роль процессов обезвоживания и сушки в технологических схемах обогащения полезных ископаемых. Виды влаги и показатели, характеризующие продукты обезвоживания. Дренажное, общие сведения, показатели. Аппараты для обезвоживания продуктов методом дренажного. Общие сведения. Показатели, характеризующие процесс сгущения. Конструкции сгустителей. Технологические показатели работы сгустителей. Расчет сгустителей. Фильтрование и центрифугирование. Показатели, характеризующие процесс фильтрования и центрифугирования. Факторы, влияющие на процесс фильтрования. Оборудование для фильтрования и центрифугирования. Схемы обезвоживания. Замкнутый водооборот. Расчет водно-шламовых схем. Основные сведения. Показатели, характеризующие состояние влажного</p>

		газа. Кинетика процесса сушки. Барабанные газовые сушилки. Выбор и расчет сушилок по производительности
--	--	---

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Изучение процесса отсадки на диафрагмовой отсадочной машине	2
2	Изучение процесса пенной флотации монометаллической руды	2

#### 4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к контрольным работам	14
2	Проработка разделов теоретического материала	20

##### Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	18
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
3	Подготовка к зачёту	20
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	4
5	Проработка разделов теоретического материала	12

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: блиц-опрос

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

##### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторная работа 1. Изучение процесса отсадки на диафрагмовой отсадочной машине

Цель работы: приобретение навыков совместной работы при проведении опытов по гравитационному обогащению (отсадочная технология) угольно-кварцевой смеси с

определением общей и удельной производительности, расхода воды, выхода, качества продуктов обогащения и извлечения угля в продукты обогащения.

Оборудование и материалы. Лабораторная диафрагмовая отсадочная; смесь угольно-кварцевая смесь крупностью  $-7 + 1$  мм; комплект посуды для приема продуктов отсадки; технические весы и разновесы, клеенка для раздела проб.

Общие понятия: Отсадкой называется разделение смеси минеральных зерен полезного ископаемого по плотности в вертикальном потоке среды (вода или воздух) переменного направления с заданной амплитудой и частотой. Гидравлическая отсадка занимает одно из основных мест в технологии обогащения различных полезных ископаемых, имеет высокую эффективность разделения, отличается относительно низкими трудовыми и материальными затратами в сравнении с другими процессами разделения. Отсадкой можно разделять минеральные зерна плотностью от 1200 до 15600 кг/м<sup>3</sup> при разности в их плотностях от 300 кг/м<sup>3</sup> и более, крупностью от 0,25 до 250 мм.

Сущность отсадки заключается в формировании слоев минеральных зерен при разделении с определенным (заданным) диапазоном плотностей. Смесь минеральных зерен, имеющих разницу в плотностях, разделяется на слои в результате наличия относительной скорости перемещения зерен различной плотности и крупности в слое. Зерна тяжелых минералов имеют большую скорость движения в слое, чем зерна легких минералов.

В проточной части отсадочной машины создаются восходящие и нисходящие потоки воды в результате перемещения ее поршнем, диафрагмой, сжатым воздухом или рабочей поверхностью (решета).

Полный цикл отсадки состоит из периода (времени) действия восходящего и нисходящего потоков, а иногда и паузы между ними. Многократность повторения действий этих потоков приводит к расслоению минеральных зерен по плотностям на рабочей поверхности. В верхних слоях концентрируются зерна малой плотности, в нижних слоях на рабочей поверхности отсадочной машины - зерна минералов наибольшей плотности. Промежуточные слои представлены зернами промежуточной плотности (сростками). На показатели разделения при отсадке влияют следующие параметры: частота и амплитуда колебаний, расход воды, крупность зерен и обогатимость полезного ископаемого, степень разрыхления слоя материала над рабочей поверхностью, тип постели, удельная производительность, характеристика цикла отсадки, расход и давление воздуха, гранулометрический состав полезного ископаемого, конструктивные особенности отсадочной машины. Оборудование и материалы: Лабораторная диафрагмовая отсадочная машина, проба угольно-кварцевой смеси, приемники для продуктов обогащения, мерный цилиндр, секундомер, технические весы с разновесами.

Порядок выполнения лабораторной работы: Перед началом опыта необходимо ознакомиться с устройством и принципом действия отсадочной машины, выполнить эскиз. Некоторые конструктивные и механические параметры машины определяются непосредственными измерениями.

Исходный продукт для опытов по гидравлической отсадке - угольно-кварцевая смесь крупностью  $-7+1$  мм массой 3 кг.

До начала работы по обогащению угля в отсадочной машине определяют максимальный и минимальный расходы воды объемным методом через водослив отсадочной машины. Минимальный расход - 6 л/мин воды - соответствует максимальной производительности машины (200 кг/ч) и максимальный расход воды - 11,5 л/мин, что соответствует удельному расходу воды 2-3,5 м<sup>3</sup>/т для выбранной крупности сырья. Высота сливного порога в камерах для минимального, среднего и максимального расходов воды устанавливается соответственно 40, 50 и 60 мм.

Регулируют расход воды, включают в работу привод подвижных диафрагм, подают равномерно питание на решето первой камеры. Время работы отсадочной машины

отсчитывают секундомером. Машина должна работать некоторое время после прекращения подачи питания, чтобы породные и промпродуктовые зерна смогли пройти через слой постели и рабочую поверхность (решето). После этого отсадочную машину останавливают, породу, концентрат и промпродукт выгружают из камер в отдельные емкости, высушивают и взвешивают.

От продуктов обогащения отбирают пробы и определяют в них содержание угля (методом количественного подсчета зерен или весовым методом).

Аналогичные опыты проводят при среднем и максимальном расходе воды. Отбор и обработку проб продуктов обогащения осуществляют так же, как и в первом опыте.

Обработка и оформление полученных данных: На основании измерений и определений массовых и объемных расходов продуктов обогащения и воды рассчитывают:

- общую производительность (т/ч)  $Q = 3600mn/t$ ;
- удельную производительность (т/(ч м<sup>2</sup>))  $q = Q/S$ ;
- удельный расход воды (м<sup>3</sup>/т)  $W_u = W/Q$ ,

где  $m_p$  - масса пробы исходного продукта при проведении одного опыта, т;

$S$  - площадь рабочей поверхности (решета) отсадочной машины, м<sup>2</sup>;

$t$  - время работы отсадочной машины, с.

Рассчитать выход продуктов обогащения по формуле:

$$\eta = Q_p / Q_{исх} \cdot 100, \%$$

где  $\eta_p$  – выход продукта (концентрата или хвостов), %;

$Q_p$  – масса продукта (концентрата или хвостов), г;

$Q_{исх}$  – масса исходной навески, г.

Рассчитать извлечение ценного компонента в продукты обогащения по формуле:

$$\epsilon_p = \eta_p \cdot \beta_p / \alpha;$$

где  $\epsilon_p$  – извлечение галенита в продукты обогащения (концентрат или хвосты), %;

$\eta_p$  – выход продукта (концентрата или хвостов), %;

$\beta_p$  – содержание ценного компонента в продукте (концентрате или хвостах), %;

$\alpha$  – содержание ценного компонента в исходной навеске, %.

Проверить соблюдение основных балансов по формулам:

- баланс материала  $Q_{исх} = Q_k + Q_{хв}$ ,
- баланс выходов  $100 = \eta_k + \eta_{хв}$ ,
- баланс ценного компонента  $\epsilon_{исх} = \epsilon_k \cdot \eta_k + \epsilon_{хв} \cdot \eta_{хв}$ ,
- баланс извлечения  $100 = \epsilon_k + \epsilon_{хв}$ ,

где  $Q_k$  – масса концентрата, г;

$Q_{хв}$  – масса хвостов, г;

$\eta_k, \eta_{хв}$  – выход концентрата и хвостов, %;

$\alpha$  – содержание ценного компонента в исходной навеске, %;

$\beta_k, \beta_{хв}$  – содержание ценного компонента в концентрате и хвостах.

Результаты работы заносят в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты обогащения угольно-кварцевой смеси на отсадочной машине

Продукты обогащения	Выход	Содержание угля, %	Извлечение угля, %
г	%		
Концентрат			
Подрешетный продукт (п/п)			
Надрешетный продукт (Хвосты)			
Итого $Q_{исх}$	100		100

По полученным результатам делают вывод об эффективности работы отсадочной

машины.

Контрольные вопросы:

1. Основы процесса отсадки, область применения процесса.
2. Силы, действующие на минеральные частицы в процессе отсадки.
3. Факторы, определяющие показатели разделения минеральных смесей при отсадке.
4. Расчет общей и удельной производительности отсадочной машины и расхода воды.
5. Технологические показатели, получаемые при обогащении минеральной смеси на отсадочной машине.

Лабораторная работа 2. Изучение процесса флотации монометаллической руды

Цель работы: Приобретение навыков проведения флотационных опытов монометаллических руд различного состава, освоение методики расчета расхода флотационных реагентов, закрепление навыка обобщения полученных результатов.

Оборудование и материалы. Лабораторная флотационная машина; свинцовая руда; цинковая руда; реагенты (бутиловый ксантогенат калия, сосновое масло, Т-80); пипетки; капельница; чашки для продуктов; аналитические весы с разновесами; электроплита; совки; клеенка.

Общие понятия. Флотация – метод обогащения полезных ископаемых, основанный на различии физико-химических свойств поверхности минералов, а именно их способности смачиваться водой.

Флотация в настоящее время является основным и наиболее совершенным методом обогащения полезных ископаемых. Она применяется при обогащении более 90% добываемых руд цветных металлов, большого количества руд редких, черных, благородных металлов и неметаллических полезных ископаемых.

Процесс флотации возник вначале в виде масляной флотации, основанной на избирательном смачивании сульфидных минералов с маслом. Сульфидные минералы при этом смачивались маслом и вместе с ним всплывали на поверхность пульпы, откуда и удалялись в виде концентрата.

При пленочной флотации руда, измельченная до 0,2-0,1 мм, подается равномерным слоем на поверхность воды. Минералы, хорошо смачиваемые водой, тонут, а плохо смачиваемые остаются на поверхности и собираются в виде концентрата. В дальнейшем эти процессы были вытеснены пенной флотацией.

Пенная флотация – это метод разделения тонкоразмерных смесей, основанный на избирательной способности минеральной частицы закрепляться на пузырьке воздуха, поднимаясь вместе с ним на поверхность пульпы.

Для качественного ведения флотационного процесса применяют флотационные реагенты, обеспечивающие избирательную флотацию различных минералов.

Применяемые в настоящее время флотационные реагенты отличаются большим разнообразием, они представлены неорганическими и органическими соединениями различного состава – щелочами, кислотами, солями, продуктами нефтехимии и т.д. В зависимости от назначения все реагенты делятся на три группы: собиратели, пенообразователи и регуляторы.

Собиратели (коллекторы) – реагенты, избирательно увеличивающие гидрофобность поверхности минеральной частицы.

Пенообразователи (вспениватели) – поверхностно-активные вещества, стабилизирующие воздушный пузырек.

Регуляторы (модификаторы) – реагенты, способные изменять флотуемость минералов в различном направлении. Различают: активаторы, депрессоры и регуляторы среды.

Порядок выполнения лабораторной работы: Студенты разбиваются на две подгруппы.

1. Каждой подгруппе предлагается для исследования проба руды (свинцовая руда, цинковая руда) крупностью –0,074 мм и массой 180 г. Далее подгруппы работают параллельно, каждая со своей пробой руды на механических лабораторных флотационных машинах.
2. Рассчитать необходимое количество флотореагентов исходя из удельных расходов для флотации свинцовой руды (бутиловый ксантогенат калия 100 г/т, сосновое масло 75 г/т), для флотации цинковой руды (бутиловый ксантогенат калия 100 г/т, Т-80 60 г/т).
3. Навеску руды загрузить в камеру, залить водой ниже уровня сливного порога, включить импеллер и перемешивать пульпу в течение 1 мин. Подать в камеру флотационные реагенты, в следующей последовательности – собиратель, вспениватель. Время агитации с каждым реагентом 0,5 мин.
4. Затем открыть воздушный кран, включить пеногон и провести флотацию до появления «ненагруженной» пены.
5. Продукты обогащения высушить, взвесить, отобрать средние пробы (3-5 г) для проведения химического анализа на содержание ценного компонента.
6. Рассчитать технологические показатели, результаты занести в табл. 2. Для расчета показателей использовать следующие формулы, приведенные в лабораторной работе 1.

Таблица 2 - Результаты флотационного обогащения

Продукты обогащения	Выход, $\gamma$	Содержание
свинца, $\beta$ %	Извлечение	
свинца, $\epsilon$ %		
г	%	
Концентрат		
Хвосты		
Исходный материал	100	$\alpha = 100$

Контрольные вопросы:

1. Что называется селективной флотацией?
2. Назначение реагента-собирателя?
1. Назначение реагента-пенообразователя?

### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельное изучение теоретического материала предусмотрено на всём протяжении курса. Такая работа сопровождает лекционные и лабораторные занятия, и в то же время является отдельным видом самостоятельной работы студента.

Источниками для самостоятельного изучения теоретического курса выступают: - учебники по предмету; - конспекты лекций по предмету; - научные статьи в периодической юридической печати и рекомендованных сборниках; - научные монографии.

## 6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

### 6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

#### 6.1.1 учебный год 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

В завершении каждого аудиторного занятия обучающимся предоставляется вопрос для коллективного обсуждения по пройденной теме. Примеры вопросов для устного контроля:

Курс 3:

Раздел 1. Характеристика руд и песков:

1. Понятие гранулометрического состава руды.
2. Методы определения гранулометрического состава руды.
3. Назовите продукты, получаемые в процессе обогащения.
4. Назовите свойства минералов, определяющие метод обогащения.
5. Назовите показатели, характеризующие эффективность обогащения.

Раздел 2. Подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, промывка):

1. Что называется грохочением руд?
2. Введите понятие самостоятельного и избирательного грохочения?
3. Что называется степенью дробления?
4. Какие способы разрушения руды вы знаете?
5. Какие виды измельчающей среды вы знаете?

Курс 4

Раздел 1. Основные обогатительные процессы:

1. Введите понятие гравитационного метода обогащения.
2. Какие процессы и аппараты для гравитационного обогащения вы знаете?
3. Что называется процессом пенной флотации?
4. Как классифицируются флотационные машины в зависимости от типа камеры?
5. Приведите пример реагентных питателей для подачи порошковых реагентов.

Раздел 2. Вспомогательные процессы:

1. Что называется обезвоживанием?
2. Какие виды обезвоживания вы знаете?
3. Приведите классификацию продуктов по содержанию влаги.
4. Какие виды влаги вы знаете?
5. Какие способы удаления влаги из продуктов вы знаете?

### **Критерии оценивания.**

При проведении оценивания знаний обучающихся учитывается:

- правильность ответа;
- умение излагать свою точку зрения;
- корректное приведение примеров;
- грамотное использование терминологии.

### **6.1.2 учебный год 4 | Устный опрос**

#### **Описание процедуры.**

В завершении каждого аудиторного занятия обучающимся предоставляется вопрос для коллективного обсуждения по пройденной теме.

Примеры вопросов для устного контроля:

Курс 3:

Раздел 1. Характеристика руд и песков:

1. Понятие гранулометрического состава руды.
2. Методы определения гранулометрического состава руды.
3. Назовите продукты, получаемые в процессе обогащения.
4. Назовите свойства минералов, определяющие метод обогащения.
5. Назовите показатели, характеризующие эффективность обогащения.

Раздел 2. Подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, промывка):

1. Что называется грохочением руд?
2. Введите понятие самостоятельного и избирательного грохочения?
3. Что называется степенью дробления?
4. Какие способы разрушения руды вы знаете?
5. Какие виды измельчающей среды вы знаете?

Курс 4

Раздел 1. Основные обогатительные процессы:

1. Введите понятие гравитационного метода обогащения.
2. Какие процессы и аппараты для гравитационного обогащения вы знаете?
3. Что называется процессом пенной флотации?
4. Как классифицируются флотационные машины в зависимости от типа камеры?
5. Приведите пример реагентных питателей для подачи порошковых реагентов.

Раздел 2. Вспомогательные процессы:

1. Что называется обезвоживанием?
2. Какие виды обезвоживания вы знаете?
3. Приведите классификацию продуктов по содержанию влаги.
4. Какие виды влаги вы знаете?
5. Какие способы удаления влаги из продуктов вы знаете?

### **Критерии оценивания.**

При проведении оценивания знаний обучающихся учитывается:

- правильность ответа;
- умение излагать свою точку зрения;
- корректное приведение примеров;
- грамотное использование терминологии.

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания</b>
---	----------------------------	-------------------------------------

		<b>промежуточной аттестации</b>
ПКС-1.1	Обучающийся демонстрирует полные, системные, устойчивые знания о процессах рудоподготовки и методах обогащения полезных ископаемых. Владеет навыком расчета основных технологических показателей процесса обогащения. Может выбирать схему обогащения на основе анализа минералогического состава руд	Устное собеседование по вопросам к зачету

## **6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации**

### **6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине**

#### **6.2.2.1.1 Описание процедуры**

Зачеты проводятся в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Не допускается проведение зачета на последних семинарских, либо лекционных занятиях. Зачет должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории. Преподаватель принимает зачет только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки. Критерии оценки ответа студента на зачете, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения студентов до начала зачета.

Результат зачета объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. Положительные оценки заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку, неудовлетворительная оценка проставляется только в экзаменационной ведомости. В случае неявки студента для сдачи зачета в ведомости вместо оценки делается запись «не явился». В ведомости должны быть заполнены все графы. В случае исправления экзаменатором оценки в экзаменационной ведомости и зачетной книжке им делается запись «исправленному на (оценка) верить» и ставится подпись.

#### Пример задания:

Контрольные вопросы для проведения зачета:

1. Определение процесса обогащения полезных ископаемых.
2. Характеристика руд.
3. Дать определение продуктов обогащения полезных ископаемых.
4. Основные показатели обогащения, размерность.
5. Схемы обогащения руд.
6. Цель операций дробления и измельчения.
7. Стадии дробления и измельчения. Определение общей и частной степени дробления.
8. Классификация и принцип работы щековых и конусных дробилок, область применения.
9. Назначение процесса измельчения при обогащении полезных ископаемых. Конечная крупность измельченного продукта.
10. Классификация и принцип работы мельниц (шаровых, стержневых, рудногалечных и самоизмельчения, область применения.

11. Классификация процессов грохочения.
12. Определение эффективности грохочения, Факторы, влияющие на эффективность грохочения.
13. Классификация грохотов, устройство и принцип работы вибрационных грохотов.
14. Существующие методы определения гранулометрического состава руды.
15. Классификация россыпей по происхождению. Классификация россыпей по промывистости.
16. Устройство и принцип действия скрубберов, скруббер-бутар.
17. Устройство и принцип действия корытных моек, шлюзов, барабанных грохотов, гидровашгердов.
18. Концентрационные столы. Теоретические основы и принцип действия. Технология обогащения. Регулирование процесса.
19. Принцип обогащения в восходящих потоках. Общая характеристика и классификация отсадочных машин. Параметры работы отсадочных машин.
20. Винтовые сепараторы и шлюзы. Конструкция, принцип действия, область применения. Факторы, влияющие на работу винтовых сепараторов и шлюзов.
21. Центробежные сепараторы. Конструкция, принцип действия, область применения. Факторы, влияющие на работу центробежных сепараторов.
22. Аппараты для тяжелосреднего обогащения. Сепараторы колесного, конусного, барабанного и других типов. Влияние конструкции сепараторов на разделение.
23. Понятие флотационного метода обогащения. Второй закон термодинамики.
24. Свойства минералов, используемые при флотации. Определение краевого угла смачивания. Основные условия для проведения флотации.
25. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин механического типа.
26. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин пневмомеханического типа.
27. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин пневматического типа.
28. Устройство, принцип работы и область применения тарельчатых, ленточных, стаканчиковых, скиповых и шкивных питателей.
29. Собиратели, их свойства и назначение при флотации.
30. Вспениватели. Их свойства и назначение при флотации.
31. Реагенты-регуляторы, их классификация, свойства и назначение при флотации.
32. Сущность магнетизма, классификация минералов по магнитным свойствам.
33. Физико-технические характеристики магнитного поля.
34. Условия разделения минералов в магнитном поле, коэффициент равнопротягиваемости.
35. Магнитные свойства сильномагнитных минералов, их влияние на процесс обогащения.
36. Устройство и принцип действия барабанных сепараторов для сухого и мокрого обогащения.
37. Устройство и принцип действия валковых сепараторов для сухого и мокрого обогащения.
38. Свойства воды и влияние их на процесс обезвоживания.
39. Дренажное. Теоретические основы. Обезвоживание в бункерах, в элеваторах, работа их, расчет.
40. Виды влаги и показатели, характеризующие продукты обезвоживания.
41. Сгущение. Основы процесса. Коагуляция суспензий. Флокуляция суспензий.
42. Устройства и работа сгустителя с центральным приводом.
43. Сгущение пульпы в тонком слое. Пластинчатые сгустители.
44. Устройство и работа осадительной центрифуги – НГОШ
45. Фильтрование. Теоретические основы.. Фильтроткани. Типы, требования,

предъявляемые к ним. Регенерация фильтротканей.

46. Устройство и работа барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью.

47. Устройство и работа барабанного фильтра с внутренней фильтрующей поверхностью.

48. Сушка. Основы процесса. Свойства сушильного агента. Виды сушки.

49. Барабанные сушилки. Устройство, работа, основные параметры.

50. Типы сушилок. Устройство и работа труб-сушилок.

51. Водоснабжение обогатительных фабрик.

52. Замкнутый водооборот на обогатительных фабриках.

53. Принцип организации хвостохранилища на ОФ.

54. Насосное хозяйство.

55. Принцип очистки оборотных вод для использования их в системе замкнутого водооборота.

-

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует сформированные и систематические знания о современном обогатительном оборудовании, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач	Не демонстрирует сформированные и систематические знания о современном обогатительном оборудовании, не справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не может обосновать принятое решение, не владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач

#### 7 Основная учебная литература

1. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемых Технологии обогащения полезных ископаемых, 2006. - 309.

2. Шилаев В. П. Основы обогащения полезных ископаемых : учебное пособие для вузов по специальности "Экономика и организация горной промышленности" / В. П. Шилаев, 1986. - 295.

3. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемых Технологии обогащения полезных ископаемых, 2015. - 309.

4. Власова В. В. Основы обогащения полезных ископаемых : учебное пособие / В. В. Власова, 2020. - 125.

#### 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Андреев Е. Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению : учеб. для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подгот. "Горн. дело" / Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов; науч. ред. В. В. Захваткин, 2007. - 439.

2. Конспект лекций по дисциплине "Обезвоживание, кондиционирование и очистка сточных вод" [Электронный ресурс] : для специальности "Обогащение полезных ископаемых" - 130405 / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 45.

3. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемыхОбогащительные процессы, 2006. - 416.
4. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемыхТехнологии обогащения полезных ископаемых, 2008. - 309.
5. Фишман М. А. Основы обогащения полезных ископаемых / М. А. Фишман, 1956. - 279.

#### **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

#### **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

#### **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

#### **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. весы лабораторные ВК-3000
2. 314160 Флотационная машина 135-ФЛ
3. Технологическое оборудование