

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 (131)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 19 марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОБОГАЩЕНИЕ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.03.02 Metallurgy

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Власова Вера Викторовна
Дата подписания: 01.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Федотов
Константин Вадимович
Дата подписания: 08.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 10.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

1.1 Дисциплина «Обогащение руд цветных металлов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность осуществлять, анализировать и корректировать процессы металлургической переработки металлсодержащих руд и вторичного сырья, а также получения первичного алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) литейного производства	ПКС - 4.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС - 4.1	Демонстрирует знания, умения и способность осуществлять и корректировать процессы обогащения при переработке руд цветных металлов	Знать - горно-геологические характеристики руд цветных металлов, минералогический и элементный состав руд, районы промышленного расположения месторождений руд цветных металлов; - методики определения гранулометрического состава минерального сырья; - правила выбора подготовительного и обогатительного оборудования Уметь - рассчитать гранулометрический состав руды и построить характеристики крупности; - выбрать схему обогащения руд цветных металлов на основе анализа горно-геологической характеристики руды; - выбрать, рассчитать и обосновать схему обогащения минерального сырья; - рассчитать основные технологические показатели процесса обогащения; - выбрать и рассчитать производительность основного подготовительного и обогатительного оборудования Владеть Знать - горно-геологические характеристики руд

		цветных металлов, минералогический и элементный состав руд, районы промышленного расположения месторождений руд цветных металлов; - методики определения гранулометрического состава минерального сырья; - правила выбора подготовительного и обогатительного оборудования. Уметь - рассчитать гранулометрический состав руды и построить характеристики крупности; - выбрать схему обогащения руд цветных металлов на основе анализа горно-геологической характеристики руды; - выбрать, рассчитать и обосновать схему обогащения минерального сырья; - рассчитать основные технологические показатели процесса обогащения; - выбрать и рассчитать производительность основного подготовительного и обогатительного оборудования. Владеть - научной терминологией в области рудоподготовки и обогащения руд цветных металлов; - методиками расчета показателей процесса обогащения руд цветных металлов; - навыком использования научной и технической литературы в области обогащения руд цветных металлов
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Обогащение руд цветных металлов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия», «Аналитическая и физическая химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Металлургические технологии»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 2 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах
--------------------	------------------------------------

	(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	30	30
лекции	20	20
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	10	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	42	42
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ 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	Общие сведения о процессах обогащения руд цветных металлов	1	2					1, 2	4	Устный опрос
2	Подготовка руд цветных металлов к обогащению	2, 3, 4	8			1	2	1, 2, 3	12	Устный опрос
3	Флотационное обогащение руд цветных металлов	5, 6, 7, 8	10			2, 3	8	1, 2, 3	26	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		20				10		42	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие сведения о процессах обогащения руд цветных металлов	Классификация руд цветных металлов. Понятие процесса обогащения. Продукты и показатели процесса обогащения. Процессы подготовки руды к обогащению. Свойства минералов используемые при обогащении. Понятие процесса флотации руд цветных металлов
2	Подготовка руд цветных металлов к	Назначение операций грохочения. Гранулометрический состав минерального сырья

	обогащению	и продуктов обогащения. Конструкции грохотов. Общие сведения процессе дробления, измельчения. Конструкции дробилок. Конструкции мельниц
3	Флотационное обогащение руд цветных металлов	Продукты и показатели процесса обогащения. Теоретические основы процесса флотации. Флотационные реагенты. Классификация, назначение, механизм закрепления. Факторы, влияющие на процесс флотации. Флотационные машины, конструкция, принцип действия, область применения. Вспомогательное флотационное оборудование. Реагентные питатели. Контактные чаны. Классификация флотационных схем. Принцип построения флотационных схем, основные технологические показатели. Экологические риски флотационных обогатительных фабрик

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Изучение методики построения характеристик крупности руды	2
2	Продукты и показатели процесса обогащения. Расчет показателей обогащения	4
3	Расчет качественно-количественной схемы обогащения	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	12
2	Проработка разделов теоретического материала	14
3	Решение специальных задач	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций, практических и лабораторных работ используются следующие интерактивные методы: блиц-опрос по теме прошлого занятия, коллективное обсуждение вопросов по теме занятия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практическая работа № 1

Изучение методики построения характеристик крупности руды

Цель работы: определение понятия гранулометрический состав руды, освоение методик определения гранулометрического состава, построение характеристик крупности.

Теоретическая часть: Обрабатываемое на обогатительной фабрике минеральное сырье (руда, горная масса) и получаемые из него продукты (концентраты, хвосты) представляют собой сыпучие материалы, представленные различными по размерам кусками (зернами) минералов и их сростков. Распределение кусков (зерен) по классам крупности характеризует гранулометрический состав исходного сырья и продуктов обогащения.

Соотношение массовых долей зерен различной крупности, входящих в состав полезного ископаемого, называется его гранулометрическим составом.

Определение гранулометрического состава руд и продуктов обогащения заключается в разделении массы полезного ископаемого на классы, ограниченные узкими пределами крупности.

Размер отдельных кусков руды крупностью более 5 мм характеризуется средним диаметром d_{cp} , который определяется линейными размерами куска в двух или трех взаимно перпендикулярных направлениях как среднее двух или трех измерений

$$d_{cp} = \frac{l + b + h}{3} \quad \text{или} \quad d_{cp} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}$$

где l – длина; b – ширина; h – высота куска, мм.

Для определения гранулометрического состава всей массы руды, состоящей из мелких частиц различных размеров и неправильной формы, проводят следующие анализы: ситовой, седиментационный или дисперсионный, микроскопический.

Ситовой анализ – это рассев материала через стандартный набор сит, с определением процентного содержания остатка на каждом сите по отношению к массе исходной пробы.

Ситовые анализы выполняются для материала крупностью $-200+0,04$ мм сухим, мокрым и комбинированным способами. Выбор способа зависит от крупности исходного продукта, влажности, наличия глины или шламов и требуемой точности анализа.

Седиментационный (дисперсионный) анализ – это разделение тонкодисперсных смесей на узкие классы крупности, относительно скорости осаждения в воде.

Применяется для материала мельче $-0,04$ мм.

Микроскопический анализ представляет собой измерение размера частиц под микроскопом и их классификацию на фракции в узких пределах крупности. Позволяет определить минеральный состав руды, крупность зерен ценного компонента, характер сростков полезных минералов между собой и с минералами пустой породы. Применяется для материала крупностью $-0,04+0,01$ мм.

На основании данных проведенных анализов строят характеристики крупности.

Графическое отображение гранулометрического состава сыпучего материала называют характеристикой крупности.

Характеристики крупности могут быть построены по частным и суммарным (кумулятивным) выходам в линейной шкале осей координат. Для характеристики крупности мелких продуктов удобнее пользоваться сеткой с логарифмической шкалой только оси абсцисс (полулогарифмическая характеристика) или логарифмической шкалой

обеих осей координат (логарифмическая характеристика). Рабочими характеристиками являются характеристики крупности, построенные по суммарным выходам.

Пользуясь характеристиками крупности можно определить промежуточные значения выходов классов крупности материала, а также сравнить результаты нескольких ситовых анализов, определить эффективность работы дробильного или измельчительного оборудования.

Пример задачи на построения характеристики крупности:

Задача: результаты ситового анализа исходного минерального сырья (%): -50+25 мм – 25; -25+12,5 мм – 23; -12,5+6,25 мм – 18; -6,25+3 мм – 15; -3+0 мм -19. По суммарной плюсовой характеристике крупности определить выход класса -20+5 мм.

Решение:

Результаты ситового анализа оформить в виде таблицы.

Класс крупности, мм	Частный выход, %	Суммарный выход по плюсу, %
-50+25	25	
-25+12,5	23	48
-12,5+6,25	18	66
-6,25+3	15	81
-3+0	19	100
Итого	100	-

Построить суммарную характеристику крупности по плюсу.

Для определения процентного выхода класса -20+5 мм необходимо на оси абсцисс найти значения диаметра зерна 20 и 5 мм. От данных точек провести перпендикуляр для пересечения с характеристикой крупности. Определить процентное содержание зерен данной крупности по оси ординат.

Диаметр зерна 20 мм – суммарный выход данного класса составляет 31%, диаметр зерна 5 мм – суммарный выход данного класса – 73%. Процентный выход класса -20 +5 мм будет находиться между 31% и 73% и составит 52% (заштрихованная область).

Задачи для самостоятельного решения:

1. Гранулометрический состав продукта: -20+10 – 8%; -10+5 – ?%; -5+3 – 20%; -3+1,5 – 20%; -1,5+0 – 40%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -14+2 мм.

2. Гранулометрический состав продукта: 40+20 – 15%; -20+10 – 20%; -10+5 – ?%; -5+2,5 – 27%; -25+0 – 22%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -30+12 мм.

3. Гранулометрический состав продукта: 20+10 – 8%; -10+5 – 22%; -5+3 – 14%; -3+1,5 – ?%; -1,5+0,63 – 18%; -0,63+0 – 15%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -5+2 мм.

Гранулометрический состав продукта: -50+30 – 10%; -30+15 – 15%; -15+8 – 14%; -8+4 – 28%; -4+0 – ?%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -12+3 мм.

Гранулометрический состав продукта: -10+5 – 15%; -5+2 – 20%; -2+1 – 23%; -1+0,5 – 12%; -0,5+0 – ?%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -8+1 мм.

Гранулометрический состав продукта: -40+20 – 30%; -20+10 – 20%; -10+5 – 15%; -5+2,5 – ?%; -2,5+0 – 18%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -25+12 мм.

Гранулометрический состав продукта: -300+200 – 15%; -200+100 – 20%; -100+50 – 25%; -50+25 – ?%; -25+0 – 18%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -150+25 мм.

Гранулометрический состав продукта: -400+200 – 30%; -200+100 –?%; -100+50 – 20%; -50+25 – 17%; -25+0 – 23%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -200+30мм.

Гранулометрический состав продукта: -40+20 – 20%; -20+10 – 20%; -10+5 – ?%; -5+2,5 – 27%; -25+0 – 18%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -30+12 мм.

Гранулометрический состав продукта: -50+25 – 25%; -25+12,5 – 25%; -12,5+6 – 15%; -6+3 – ?%; -3+0 – 22%. Построить суммарную характеристику крупности по плюсу, определить выход класса -20+8 мм.

Практическая работа № 2

Изучение методики определения эффективности грохочения

Цель работы: определение понятия эффективность грохочения, вывод расчетных формул для определения эффективности грохочения, расчет индивидуальных заданий.

Теоретическая часть: Для количественной оценки полноты отделения мелкого материала от крупного при грохочении введено понятие эффективности (точности) грохочения.

Эффективностью грохочения (Е) называется выраженное в процентах или долях единицы отношение веса подрешетного продукта (а) к весу нижнего класса в исходном материале (б).

$$E = a / б$$

Эффективность грохочения также можно определить, как извлечение нижнего класса в подрешетный продукт.

Рисунок 1 – Схема грохочения к определению эффективности грохочения

Рассмотрим баланс материала при грохочении (рис. 1), где Q – вес (масса) материала; β – содержание нижнего класса.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Для вывода формулы введем следующие обозначения:

$Q_1\beta_1/100$ – масса нижнего класса в исходном материале;

Q_1, Q_2, Q_3 – масса исходного, подрешетного и надрешетного продуктов;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – содержание нижнего класса в исходном, подрешетном и надрешетном продуктах, %

Эффективность грохочения согласно определению будет

$$E = Q_2 : Q_1\beta_1/100 \cdot 100 = Q_2/Q_1\beta_1 \cdot 104$$

Однако для определения эффективности грохочения по данной формуле необходимо знать веса исходного материала и подрешетного продукта, что достаточно трудновыполнимо при непрерывном процессе переработке на обогатительной фабрике. Поэтому отношение весов $Q_2/Q_1 = \gamma$ (выход подрешетного продукта) определяют по содержанию нижнего класса в исходном материале и надрешетном продукте.

Для вывода расчетной формулы составим уравнения баланса

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad \text{баланс материала} \quad [1]$$

$$Q_1\beta_1/100 = Q_2 + Q_3\beta_3/100 \quad \text{баланс нижнего класса} \quad [2]$$

Выразим $Q_1\beta_1$ из [2] уравнения и Q_3 из [1]

$$Q_1\beta_1 = 100 \cdot Q_2 + Q_3\beta_3 \quad [3]$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad [4]$$

Подставим [4] выражение в [3].

$$Q_1\beta_1 = 100 \cdot Q_2 + (Q_1 - Q_2)\beta_3$$

$$Q_1\beta_1 = 100 \cdot Q_2 + Q_1\beta_3 - Q_2\beta_3$$

$$Q_1\beta_1 - Q_1\beta_3 = 100 \cdot Q_2 - Q_2\beta_3$$

$$Q_1(\beta_1 - \beta_3) = Q_2(100 - \beta_3)$$

Выразим γ (выход подрешетного продукта) как выражение - Q_2/Q_1 [5]

Подставим выражение [5] в уравнение эффективности грохочения получим в окончательном виде формулу для определения эффективности грохочения по нижнему классу:

$$E = [(\beta_1 - \beta_3) / (100 - \beta_3) \cdot \beta_1] \cdot 104, \%$$

Где β_1 – содержание нижнего класса в исходном материале, %;

β_3 – содержание нижнего класса в надрешетном продукте, %.

Содержание нижнего класса определяют тщательным рассевом проб исходного материала и надрешетного продукта на ситах с отверстиями той же величины и формы, что и на сите грохота, эффективность работы которого определяют.

В некоторых случаях результаты грохочения оценивают упрощено – по содержанию нижнего класса в надрешетном продукте (β_3), т.е. по так называемому «замельчанию». Если этим способом пользуются для целей текущего контроля операции грохочения при относительно постоянном или мало меняющемся содержании нижнего класса в исходном материале (β_1), то результаты контроля будут достаточно хорошо характеризовать работу грохотов.

Поскольку каждому «замельчанию» надрешетного продукта соответствует определенное извлечение данного класса в подрешетный продукт. При колеблющемся в значительных пределах содержании нижнего класса в исходном материале оценка по «замельчанию» дает только качественную характеристику операции грохочения и не позволяет судить о полноте выделения в подрешетный продукт нижнего класса.

Пример решения задачи на определение эффективности грохочения:

Задача. Определить эффективность грохочения материала -50+0 на сетке с размером отверстий 20 мм, если

- гранулометрический состав надрешетного продукт (%): -50+25 мм – 67,5; - 25+12,5 мм – 8,3; -12,5+6,25 мм – ?; -6,25+3 мм – 1,5; -3+0 мм -2,5;

- гранулометрический состав исходной руды (%): -50+25 мм – 25; -25+12,5 мм – 23; -12,5+6,25 мм – 18; -6,25+3 мм – 15; -3+0 мм -?.

Решение:

Рассчитать ситовой состав продуктов (табл. 1):

Таблица 1 – Ситовой состав продуктов

Класс крупности, мм		Исходная руда		Надрешетный продукт	
$\gamma, \%$	$\Sigma\gamma, \%$	$\gamma, \%$	$\Sigma\gamma, \%$		
-50+25	25,0	67,5	67,5		
-25+12,5	23,0	48,0	8,3	75,8	
-12,5+6,25	18,0	66,0	20,2	96,0	
-6,25+3	15,0	81,0	1,5	97,5	
-3+0	100,0	2,5	100,0		
Исходная руда		100,0	-	100,0	-

Построить характеристики крупности исходной руды и надрешетного продукта (рис. 2):

Пользуясь характеристикой крупности определить количество зерен подрешетного продукта в исходном материале (63%) и надрешетном продукте (22%).

Рассчитать эффективность грохочения:

$$E = [(\beta_1 - \beta_3) / (100 - \beta_3) \cdot \beta_1] \cdot 104 = [(63 - 22) / (100 - 22) \cdot 63] \cdot 104 = 83,4\%$$

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить эффективность грохочения материала -50+0 на сетке с размером отверстий 15 мм, если содержание нижнего класса в верхнем продукте 10%. Характеристику крупности исходной руды принять по следующим значениям: Результаты ситового анализа исходного минерального сырья (%): -50+25 мм – 25; -25+12,5 мм – 23; -12,5+6,25 мм – 18; -6,25+3 мм – 15; -3+0 мм – ?.

2. Определить эффективность грохочения продукта крупностью – 10 мм на сетке с размером отверстий 2, если содержание подрешетного продукта в надрешетном составляет 12%. Характеристику исходного материала принять по значениям: -10+5мм – 35; -5+2,5мм – 30; -2,5+1,25мм – 20; -1,25+0,63 мм – ?; -0,63+0мм – 5.

3. Определить эффективность грохочения продукта крупностью – 100 мм на сетке с размером отверстий 20, если содержание подрешетного продукта в надрешетном составляет 12%. Характеристику исходного материала принять по значениям: -100+50 мм – 35; -50+25 мм – 30; -25+12 мм – 20; -12+ 6 мм – 10; -6+0 мм – ?.

4. Определить эффективность грохочения продукта крупностью – 30 мм на сетке с размером отверстий 5 мм, если содержание подрешетного продукта в надрешетном составляет 12%. Характеристику исходного материала принять по значениям: (%): -30+15 мм – ?; -15+7,5 мм – 23; -7,5+3,75 мм – 28; -3,75+1,6 мм – 15; -1,6+0 мм – 19.

5. Определить эффективность грохочения продукта крупностью – 10 мм на сетке с размером отверстий 5, если содержание подрешетного продукта в надрешетном составляет 12%. Характеристику исходного материала принять по значениям: (%): -10+5мм – 15; -5+2,5мм – 15; -2,5+1,25мм – 25; -1,25+0,63мм – ?; -0,63+0мм – 25.

6. Определить эффективность грохочения материала -50+0 на сетке с размером отверстий 15 мм, если

- гранулометрический состав надрешетного продукт (%): -50+25 мм – 67,5; -25+12,5 мм – 8,3; -12,5+6,25 мм – ?; -6,25+3 мм – 1,5; -3+0 мм -2,5;

- гранулометрический состав исходной руды (%): -50+25 мм – 25; -25+12,5 мм – 23; -12,5+6,25 мм – 18; -6,25+3 мм – 15; -3+0 мм – ?.

7. Определить эффективность грохочения материала -200+0 на сетке с размером отверстий 30 мм, если

- гранулометрический состав надрешетного продукт (%): -200+100 мм – 58; -100+50 мм – 26; -50+25 мм – 7; -25+12 мм – ?; -12+0 мм -6,5;

- гранулометрический состав исходной руды (%): -200+100 мм – 14; -100+50 мм - 23; -50+25 мм – 18; -25+12 мм – ?; -12+0 мм -26.

8. Определить эффективность грохочения материала -200+0 на сетке с размером отверстий 40 мм, если

- гранулометрический состав надрешетного продукт (%): -50+25 мм – 70,5; -25+12,5 мм – 8,3; -12,5+6,25 – ?; -6,25+3 мм – 1,5; -3+0 мм -2,5.

- гранулометрический состав исходной руды (%): -50+25 мм – 15; -25+12,5 мм – 23; -12,5+6,25 мм – 28; -6,25+3 мм – 15; -3+0 мм – ?.

9. Определить эффективность грохочения материала -20+0 на сетке с размером отверстий 5 мм, если

- гранулометрический состав надрешетного продукт (%): -20+10 мм – 80; -10+5 мм - 6; -5+2,5 мм – 7; -2,5+1,2 мм – ?; -1,2+0 мм -3,5;

- гранулометрический состав исходной руды (%): -20+10 мм – 14; -10+5 мм - 23; -5+2,5 мм – 18; -2,5+1,2 мм – ?; -1,2+0 мм -26.

10. Определить эффективность грохочения материала -50+0 на сетке с размером отверстий 20 мм, если

- гранулометрический состав надрешетного продукт (%): -50+25 мм – 67,5; -25+12,5 мм – 8,3; -12,5+6,25 мм – ?; -6,25+3 мм – 1,5; -3+0 мм -2,5;
- гранулометрический состав исходной руды (%): -50+25 мм – 25; -25+12,5 мм – 23; -12,5+6,25 мм – 18; -6,25+3 мм – 15; -3+0 мм -?.

Практическая работа № 3

Продукты и показатели процесса обогащения. Расчет показателей обогащения.

Цель работы: изучение методики расчета качественно-количественных показателей процесса обогащения, расчет индивидуальных заданий.

Теоретическая часть: Обогащение руд – совокупность методов их механической переработки с целью извлечения одного или нескольких полезных компонентов и удаления пустой породы и вредных примесей.

С позиции процесса обогащения все компоненты (минералы), слагающие руду, подразделяются на полезные компоненты, сопутствующие компоненты, пустую породу и вредные примеси.

Полезными компонентами называются минералы или отдельные химические соединения, входящие в состав руды и представляющие интерес для их дальнейшего использования. Например, полезным компонентом магнетитовой является магнетит (или содержащееся в нем железо); апатито-нефелиновой – апатит (или пятиокись фосфора) и нефелин (или Al_2O_3) и т.д..

Сопутствующие компоненты – минералы или отдельные химические соединения, содержащиеся в руде в сравнительно небольших количествах. Извлечение этих компонентов в самостоятельный продукт экономически выгодно только попутно с основным полезным компонентом

Порода – минералы, входящие в состав данной руды и не представляющие практической ценности в конкретной экономической ситуации. При обогащении они удаляются в отходы.

Вредные примеси – минералы или отдельные химические соединения или элементы, содержащиеся в рудах и снижающие качество извлекаемого ценного компонента. Например, в железных рудах вредными примесями являются сера, фосфор, в кианитовых – титан и железо и т.д.

В результате обогащения составные компоненты руды выделяются в отдельные продукты: концентраты (один или несколько) и хвосты (рис. 33). Если из руды получают два и более концентратов, обогащение называется комплексным.

Концентраты – минеральные продукты, в которых сосредоточен полезный компонент в количестве, соответствующем ГОСТу, техническим условиям или отраслевым стандартам.

Хвосты – минеральные продукты, в которых сконцентрирована пустая порода, вредные примеси и остаточная (неизвлеченная) часть полезного компонента

Большинство процессов обогащения происходит в водной среде. Вода с находящимися в ней во взвешенном состоянии минеральными частицами называется пульпой.

Эффективность процесса обогащения оценивается качественно-количественными технологическими показателями: выходом продукта (γ), содержанием полезного компонента (β) и извлечением полезного компонента (ϵ).

Выход продукта – γ – отношение массы продукта обогащения ($Q_{пр}$), к массе исходной руды ($Q_{исх}$), выраженное в %.

$\gamma = Q_{пр} / Q_{исх} \cdot 100$,

Рисунок 1 – Принципиальная схема обогащения

Суммарный выход всех продуктов обогащения равен 100%. уравнение баланса выходов имеет вид:

$$\sum \gamma_i = 100\%$$

При разделении руды на два конечных продукта – концентрат с выходом (γ_k) и хвосты с выходом (γ_x) – уравнение баланса примет вид:

$$\gamma_k + \gamma_x = 100\%$$

Содержание компонента - β -весовая доля того или иного компонента (минерала или химического соединения) в руде или продукте обогащения. Содержание полезного компонента в исходной руде обозначается буквой α .

Если при обогащении получены два конечных продукта – концентрат и хвосты, то уравнение баланса записывается следующим равенством:

$$\gamma_k \beta_k + \gamma_x \beta_x = 100\alpha$$

Извлечение - ϵ – величина, показывающая, какая часть ценного компонента перешла в одноименный продукт в результате процесса обогащения. Вычисляется как отношение массы компонента в данном продукте к его массе в руде и выражается в процентах или долях единицы:

Сумма извлечений компонента в конечных продуктах равна извлечению в руде, то есть 100%:

$$\sum \epsilon_i = \epsilon_{исх} = 100\%$$

Пример решения задачи:

Определить извлечение золота в концентрат при обогащении 500 т/ч золотосодержащей руды с содержанием золота 3 г/т, массе концентрата 2,5 т/ч и содержании золота в нем 430 г/т.

$$Q_{исх} = 500 \text{ т/ч}; Q_k = 2,5 \text{ т/ч}; \quad = 3 \text{ г/т}; \quad k = 430 \text{ г/т.}$$

k - ?

Решение: Извлечение золота в концентрат определяется по формуле:

$$k = (\quad k \quad) / \quad , \%; \text{ определим выход концентрата:}$$

$$k = (Q_k / Q_{исх}) 100 = (2,5 / 500) 100 = 0,5 \%;$$

$$\text{тогда } k = (0,5 \times 430) / 3 = 71,7\%.$$

Задания для самостоятельной работы:

Вариант 1

Задача 1. Рассчитать, сколько хвостов в сутки будет выбрасывать фабрика, если выход концентрата 5%, а суточная производительность по руде 5000 т.

Задача 2. Определить выход концентрата и хвостов при обогащении золотосодержащей руды с содержанием золота 5 %, содержании золота в концентрате 50% и извлечении в концентрат 85%.

Вариант 2

Задача 1. Рассчитать извлечение полезного компонента в концентрат, если фабрика перерабатывает руду с содержанием полезного компонента 20%, а получает концентрат с содержанием его 50% и хвосты с содержанием 2%.

Задача 2. Рассчитать выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если из 1000 т руды с содержанием полезного компонента 0,8% в процессе обогащения получено 13 т концентрата с содержанием полезного компонента 60%.

Вариант 3

Задача 1. Установить, сколько тонн концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 15000 т, содержание ценного компонента в руде 28%, в концентрате 63%. Извлечение в концентрат 90%.

Задача 2. Определить извлечение цинка в концентрат, если содержание цинка в руде 2%, в концентрате 50%, в хвостах 0,5%.

Вариант 4

Задача 1. Рассчитать, сколько руды нужно переработать для получения 500 т концентрата, если его выход составляет 5%.

Задача 2. Определить потери золота с хвостами при обогащении золотосодержащей руды с содержанием золота 10 г/т; выходе концентрата 15% с содержанием Au в концентрате 60 г/т.

Вариант 5

Задача 1. Определить выход хвостов, если из 1000 т руды получено 10 т концентрата.

Задача 2. Найти содержание металла в хвостах при обогащении руды с содержанием металла 2%, если извлечение его в концентрат 88%, а выход концентрата 4%

Вариант 6

Задача 1. Вычислить, сколько тонн свинцового концентрата в сутки выдаст обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 5000 т, содержание свинца в руде 1,8%, в концентрате 60%. Извлечение свинца в концентрат 92%.

Задача 2. Определить извлечение цинка в концентрат, если при суточной производительности фабрики 5000 т получают 150 т концентрата. Содержание цинка в руде 2%, а в концентрате 60%.

Вариант 7

Задача 1. Рассчитать, сколько хвостов в сутки будет выбрасывать фабрика, если выход концентрата 5%, а суточная производительность по руде 5000 т.

Задача 2. Определить извлечение золота при обогащении 1000 т/ч золотосодержащей руды с содержанием золота 4 г/т, массе концентрата 5,1 т/ч и содержании золота в нем 530 г/т.

Вариант 8

Задача 1. Рассчитать извлечение полезного компонента в концентрат, если фабрика перерабатывает руду с содержанием полезного компонента 21%, а получает концентрат с содержанием его 52% и хвосты с содержанием 1%.

Задача 2. Вычислить, сколько тонн свинцового концентрата в сутки выдаст обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 2500 т, содержание свинца в руде 1,9%, в концентрате 61%. Извлечение свинца в концентрат 92%.

Вариант 9

Задача 1. Определить потери золота с хвостами при обогащении золотосодержащей руды с содержанием золота 10 г/т; выходе концентрата 16% с содержанием Au в концентрате 65 г/т.

Задача 2. Установить, сколько тонн концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 15000 т, содержание ценного компонента в руде 28%, в концентрате 63%. Извлечение в концентрат 90%.

Вариант 10

Задача 1. Рассчитать, сколько хвостов в сутки будет выбрасывать фабрика, если выход концентрата 6%, а суточная производительность по руде 5000 т.

Задача 2. Определить выход концентрата и хвостов при обогащении золотосодержащей руды с содержанием золота 3 %, содержании золота в концентрате 45% и извлечении в концентрат 85%.

Практическая работа №4

Расчет качественно-количественной схемы обогащения

Цель работы: изучение методики расчета качественно-количественной схемы обогащения (на примере оловосодержащей руды), расчет индивидуальных заданий.

Теоретическая часть: Исходными показателями при расчете схем обогащения являются: искомая производительность; содержание ценного компонента в исходной руде, конечных продуктах и некоторых промежуточных продуктах схемы; извлечения ценных компонентов в одноименные концентраты.

Расчет схемы начинают с составления общих балансов:

- по выходам и ценному компоненту:

$$\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3 \quad \gamma_1 \cdot \beta_1 = \gamma_2 \cdot \beta_2 + \gamma_3 \cdot \beta_3$$

- по массе руды

$$Q_p = Q_k + Q_{хв}$$

- по извлечению:

$$\epsilon_p = \epsilon_k + \epsilon_{хв}$$

Извлечение можно рассчитать по формуле:

$$\epsilon_n = (\gamma_n \cdot \beta_n) / \alpha,$$

где ϵ_n – извлечение компонента в продукте n по отношению к исходному питанию, %;

γ_n – выход продукта по отношению к исходному питанию, %

β_n – содержание в продукте расчетного металла, %

α – содержание металла в исходном питании, %

Определение массы продуктов производится по формуле:

$$Q_n = Q_1 \cdot \gamma_n,$$

где Q_n – масса продукта n, т/ч;

Q_1 – масса исходного продукта, т/ч;

γ_n – выход продукта по отношению к исходному питанию, %.

Пример решения задачи:

Рассчитать качественно-количественные показатели процесса гравитационного обогащения оловосодержащей руды (схема на рисунке 1). Исходные данные для расчета технологической схемы принять по таблице 1.

Рисунок 1 – Технологическая схема обогащения оловянной руды

Таблица 1 – Исходные данные для расчета технологической схемы, представленной на рисунке 1

ВАРИАНТЫ

Показа-тели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15							
Q1 т/сут	3000	3500	2700	4000	3200	1500	1800	2200	3800	4000	2600

	2100	2500	3100	1700								
a, %	0,2	0,18	0,19	0,22	0,21	0,23	0,19	0,13	0,16	0,17	0,18	0,2
	0,21	0,22	0,17									
γ4, %	Для всех вариантов принять 85 %											
γ7, %	Для всех вариантов принять 20,8 %											
γ9, %	Для всех вариантов принять 5,65 %											
γ10, %	Для всех вариантов принять 0,18 %											
γ12, %	Для всех вариантов принять 0,5 %											
β4, %	0,2	0,15	0,16	0,17	0,19	0,18	0,21	0,2	0,22	0,17	0,19	0,16
	0,15	0,19	0,19									
β7, %	Для всех вариантов принять 0,08 %											
β9, %	Для всех вариантов принять 0,14 %											
β12, %	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26
	0,24	0,23	0,22									
β11, %	Для всех вариантов принять 0,171 %											
β8, %	Для всех вариантов принять 1,74 %											
β10, %	Для всех вариантов принять 31 %											

Порядок расчета качественно-количественной схемы обогащения (вариант 1 задания)

1. Составить уравнения для расчета баланса по I операции (открытый цикл)

$$\begin{aligned}
 1 &= 3 + 4; & g_1 &= 100 \% & (1) & \text{баланс выходов} \\
 Q_1 &= Q_3 + Q_4 & & & (2) & \text{баланс материала (руды)} \\
 1 &= 3 + 4 & 1 &= 100\% & (3) & \text{баланс извлечения} \\
 1 &= 3 \cdot 3 + 4 \cdot 4 & & & (4) & \text{баланс металла}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Из (1) выразим } 3 &= 1 - 4 & 3 &= 100 - 85 & 3 &= 15\% \\
 \text{Рассчитаем баланс по руде} & & Q_4 &= (g_4 \cdot Q_1) / 100 & Q_4 &= 2550 \text{ т/сут} \\
 Q_3 &= Q_1 - Q_4 & Q_3 &= 3000 - 2550 & Q_3 &= 450 \text{ т/сут}
 \end{aligned}$$

Рассчитаем баланс извлечения

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_4 &= g_4 \cdot (3 \beta_3) / \alpha & 4 &= (85 \cdot 0,2) / (0,2) & 4 &= 85,0\% \\
 3 &= 1 - 4 & 3 &= 100 - 85 & 3 &= 15\%
 \end{aligned}$$

Рассчитаем баланс металла

$$100 \cdot 0,2 = 15 \cdot 3 + 85 \cdot 0,2 \quad \beta_3 = (100 \cdot 0,2 - 85 \cdot 0,2) / 15 \quad 3 = 0,2$$

2. Составить уравнения для расчета общего баланса (без учета I операции)

$$\begin{aligned}
 2 + 3 &= 7 + 9 + 10 + 12 \\
 2 \cdot 2 + 3 \cdot 3 &= 7 \cdot 7 + 9 \cdot 9 + 10 \cdot 10 + 12 \cdot 12 \\
 2 &= (7 + 9 + 10 + 12) - 3 & 2 &= 12,13\% \\
 12,13 \cdot 2 + 15 \cdot 0,2 &= 20,8 \cdot 0,08 + 5,65 \cdot 0,14 + 0,18 \cdot 31,0 + 0,5 \cdot 0,16 \\
 \beta_3 &= 0,42 \\
 2 \cdot 2 + 3 \cdot 3 &= 5,11
 \end{aligned}$$

3. Рассчитать балансы по операциям снизу вверх, используя вышеприведенные формулы:

Расчет операции IV (Флотогравитация)

Составим уравнения для расчета баланса по операции

$$\begin{aligned}
 8 &= 10 + 11 + 12 & (6) \\
 8 \cdot 8 &= 10 \cdot 10 + 11 \cdot 11 + 12 \cdot 12 & (7)
 \end{aligned}$$

Решаем систему уравнений с двумя неизвестными, подставляя 8 из уравнения 6 в уравнение 7:

$$(10 + 11 + 12) \cdot 8 = 10 \cdot 10 + 11 \cdot 11 + 12 \cdot 12$$

Раскрываем скобки, подставляем в выражение известные значения, сгруппируем значения с неизвестными, определяем 8 .

$$11(1,74 - 0,171) = 4,48$$

$$\gamma_{11} = 4,48 / 1,57 = 2,85$$

$$8 = 0,18 + 2,85 + 0,5 \quad 8 = 3,53$$

Рассчитаем баланс металла по операции

$$3,53 \cdot 1,74 = 0,18 \cdot 31,0 + 2,85 \cdot 0,171 + 0,5 \cdot 0,16 \quad 6,15 = 6,15$$

Рассчитаем баланс по руде

$$Q_8 = (\gamma_8 Q_1) / 100 \quad Q_8 = 105,9 \text{ т/сут}$$

$$Q_8 = Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} \quad 105,9 = 105,9 \text{ т/сут}$$

Рассчитаем баланс извлечения

$$\epsilon_8 = \gamma_8 (\beta_8) / \alpha \quad 8 = (3,53 \cdot 1,74) / (0,2) \quad 8 = 30,79\%$$

$$8 = 10 + 11 + 12 \quad 30,79 = 30,79$$

Расчет операции III (концентрация на столах)

Составим уравнения для расчета баланса по операции

$$6 = 8 + 9 \quad (8)$$

$$6 \cdot 6 = 8 \cdot 8 + 9 \cdot 9 \quad (9)$$

$$6 = 3,53 + 5,65 \quad 6 = 9,18$$

Проверим баланс выходов по операции

$$9,18 = 3,53 + 5,65$$

$$9,18 \cdot 6 = 3,53 \cdot 1,74 + 5,65 \cdot 0,14 \quad 9,18 \cdot 6 = 6,14 + 0,79 \quad 6 = 0,755$$

Проверим баланс металла по операции

$$6,93 = 6,93$$

Рассчитаем баланс по руде

$$Q_6 = Q_8 + Q_9 \quad Q_9 = (\gamma_9 Q_1) / 100 \quad Q_9 = 169,5$$

т/сут

$$Q_6 = 105,9 + 169,5 \quad Q_6 = 275,4 \text{ т/сут}$$

Рассчитаем баланс извлечения

$$6 = 8 + 9 \quad \epsilon_9 = \gamma_9 (\beta_9) / \alpha \quad 9 = 3,95\%$$

$$6 = 8 + 9 \quad 34,74 = 30,79 + 3,95\%$$

Расчет операции II (концентрация на столах)

Составим уравнения для расчета баланса по операции

$$5 = 6 + 7 \quad (10)$$

$$5 \cdot 5 = 6 \cdot 6 + 7 \cdot 7 \quad (11)$$

Рассчитаем баланс по выходам (уравнение 10)

$$5 = 9,18 + 20,8 \quad 5 = 29,98\%$$

Рассчитаем баланс по руде

$$Q_5 = Q_6 + Q_7 \quad Q_7 = (\gamma_7 Q_1) / 100 \quad Q_7 = 624 \text{ т/сут}$$

$$Q_5 = 275,4 + 624 \quad Q_5 = 1523,4 \text{ т/сут}$$

Рассчитаем баланс извлечения

$$5 = 6 + 7 \quad \epsilon_7 = \gamma_7 (\beta_7) / \alpha \quad 7 = 8,32\%$$

$$5 = 34,74 + 8,32 \quad 5 = 43,06\%$$

Рассчитаем баланс металла по операции. Подставляем значение g_5 из уравнения 10 в уравнение 11:

$$(g_6 + g_7) b_5 = g_6 b_7 + g_7 b_7$$

$$29,98 \cdot b_5 = 9,18 \cdot 0,755 + 20,8 \cdot 0,08 \quad b_5 = 0,287$$

Проверим баланс металла по операциям

$$8,60 = 8,60$$

Результаты расчета занести в таблицу (см. табл. 2), рассчитать недостающие показатели.

Таблица 2 - Результаты расчета качественно-количественной схемы обогащения оловянной руды (пример)

№ операции и продуктов	Наименование операции и продуктов
Масса продукта	
Q, т/сут	Выход
продукта	
Q, т/сут	Содержание ценного компонента, % Извлечение, %

I	Классификация
	Поступает
1	Исх.руда
	Итого поступает:
	Выходит
3	Пром.продукт
4	Хвосты
	Итого выходит:
II	Концентрация на столах
	Поступает
2	Пром.продукт
3	Пром.продукт
11	Пром.продукт
	Итого поступает:
	И т.д.

Задания для самостоятельной работы: Принять по таблице 1, по заданию преподавателя.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Проработка отдельных разделов теоретического курса

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.

Темы для самостоятельного изучения разделов курса

Раздел 1. Общие сведения о процессах обогащения руд цветных металлов

1. Понятие процесса обогащения руд.
2. Необходимость обогащения руд.
3. Комплексность использования руд.
4. Продукты и показатели, необходимые для оценки эффективности обогащения руд.
5. Основные этапы переработки руд.

Рекомендуемая литература:

1. Абрамов Александр Алексеевич. Обогащение руд цветных металлов : учеб. для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" / Александр Алексеевич Абрамов, Сергей Борисович Леонов, 1991. - 407 с.
2. Авдохин Основы обогащения полезных ископаемых. Обогащительные процессы, 2016. - 416 с.

Раздел 2. Подготовка руд цветных металлов к обогащению

1. Барабанные грохоты. Конструкция, принцип действия, область применения.
2. Дуговые грохоты. Конструкция, принцип действия, область применения.
3. Валковая зубчатая дробилка. Конструкция, принцип действия, область применения.
4. Молотковая однороторная дробилка. Конструкция, принцип действия, область применения.
5. Стержневая мельница с центральной разгрузкой. Конструкция, принцип действия, область применения.
6. Мельница полусамозмельчения. Конструкция, принцип действия, область применения.
7. Выбор и расчет схемы дробления.
8. Порядок расчета мельниц по удельной производительности.

Рекомендуемая литература:

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 с.
2. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Отв. ред. В. А. Олевский, 1982. - 366 с.

Раздел 3. Флотационное обогащение руд цветных металлов

1. Понятие флотационного процесса. Виды флотации.
2. Сущность и технология пенной флотации.
3. Реагенты-собиратели. Классификация, механизм действия, область применения.
4. Реагенты-пенообразователи. Классификация, механизм действия, область применения.
5. Реагенты-модификаторы. Классификация, механизм действия, область применения.
6. Флотационные машины. Классификация, принцип действия, область применения.
7. Вспомогательное оборудование, необходимое для организации процесса флотации.

Рекомендуемая литература:

1. Абрамов Александр Алексеевич. Обогащение руд цветных металлов: учеб. для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" / Александр Алексеевич Абрамов, Сергей Борисович Леонов, 1991. - 407 с.
2. Авдохин Основы обогащения полезных ископаемых. Обогащительные процессы, 2016. - 416 с.

Оформление отчетов по практическим занятиям

Практические занятия по дисциплине «Процессы и аппараты горно-обогащительного производства» составлены с учетом объема времени, отводимого по учебному плану на лабораторные занятия по данной дисциплине и включают 6 занятий по отдельным темам курса.

Цель выполнения практических работ - научить обучающихся навыкам

самостоятельной работы и закрепить теоретические положения курса.

Задания для решения задач определяются преподавателем.

Подготовка к зачету

При подготовке к зачету обучающийся должен подтвердить сформированность компетенции ОПК ОС-9 для чего необходимо изучить лекционные материалы, материалы, рассмотренные на практических занятиях, а также самостоятельно работать с основной и дополнительной литературой по теме дисциплины.

При подготовке к зачету студент должен подготовить ответы на контрольные вопросы, определяемые преподавателем.

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 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Обучающимся задаются односложные вопросы по теме дисциплины.

Пример задания:

1. Что называется рудой?
2. Классификация руд цветных металлов?
3. В каких отраслях народного хозяйства применяются руды цветных металлов?
4. Почему перед металлургическим переделом необходим процесс обогащения полезных ископаемых?
5. Что называется обогащением?
6. Какие продукты получают в результате процесса обогащения?
7. Показатели процесса обогащения.

Тема (раздел): Подготовка руд цветных металлов к обогащению.

Описание процедуры:

Обучающимся задаются односложные вопросы по теме дисциплины.

Пример задания:

1. Что называется грохочением?
2. Виды грохочения?
3. Что называется эффективностью грохочения?
4. Что называется дроблением?
5. Степень дробления – это?
6. Способы дробления?
7. Какие виды дробилок вы знаете?

Тема (раздел): Флотационное обогащение руд цветных металлов.

Описание процедуры:

Обучающимся задаются односложные вопросы по теме дисциплины.

Пример задания:

1. Что называется флотацией?

2. Какие виды флотации вы знаете?
3. Приведите общую классификацию реагентов.
4. Назначение и классификация реагентов-собирателей.
5. Назначение и классификация реагентов-пенообразователей.
6. Назначение и классификация реагентов-депрессоров.
7. Назначение и классификация реагентов-активаторов.
8. Назначение и классификация реагентов-регуляторов среды.
9. Приведите классификацию флотомашин в зависимости от способа аэрации пульпы.
10. Приведите основные экологические риски обогатительных флотационных фабрик.

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

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС - 4.1	Обучающийся демонстрирует полные, системные, устойчивые знания о процессах рудоподготовки и методах обогащения руд цветных металлов. Владеет навыком расчета основных технологических показателей процесса обогащения руд цветных металлов. 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 6, 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. В случае неявки студента для сдачи зачета в ведомости вместо оценки делается запись «не явился». В ведомости должны быть заполнены все графы.

Пример задания:

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Определение процесса обогащения полезных ископаемых.
2. Значение минерального и гранулометрического состава при выборе метода и построении схем обогащения.
3. Дать определение продуктов обогащения полезных ископаемых.
4. Схемы обогащения руд цветных металлов.
5. Цель операций дробления и измельчения.
6. Стадии дробления и измельчения.
7. Определение общей и частной степени дробления.
8. Классификация и принцип работы щековых, конусных, валковых дробилок, область применения.
9. Назначение процесса измельчения при обогащении полезных ископаемых.
10. Классификация и принцип работы мельниц (шаровых, стержневых, рудногалечных и самоизмельчения, область применения.
11. Классификация процессов грохочения.
12. Типы просеивающих поверхностей.
13. Эффективность грохочения, факторы, влияющие на эффективность грохочения.
14. Классификация грохотов, устройство и принцип работы вибрационных грохотов.
15. Существующие методы определения гранулометрического состава руды.
16. Понятие флотационного метода обогащения.
17. Свойства минералов, используемые при флотации.
18. Основные условия для проведения флотации. Схемы флотации. Понятие коллективной и селективной схемы флотации.
19. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-собирателей.
20. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-пенообразователей.
21. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-активаторов.
22. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-депрессоров.
23. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-регуляторов.
24. Понятие реагентного режима.
25. Классификация флотационных машин.
26. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин.
27. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин механического, пневмомеханического и пневматического типа.
28. Устройство и назначение реагентных питателей и контактных чанов.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Обучающийся демонстрирует полные,	Обучающийся не обладает системными,

системные, устойчивые знания о процессах рудоподготовки и методах обогащения руд цветных металлов. Владеет навыком расчета основных технологических показателей процесса обогащения руд цветных металлов. Может выбирать схему обогащения на основе анализа минералогического состава руд	устойчивыми знаниями о процессах рудоподготовки и методах обогащения руд цветных металлов. Не владеет навыком расчета основных технологических показателей процесса обогащения руд цветных металлов. Затрудняется в выборе схемы обогащения на основе анализа минералогического состава руд.
--	---

7 Основная учебная литература

1. Полькин Степан Иванович. Обогащение руд цветных металлов : учебник для вузов по спец. "Обогащение полез. ископаемых" и "Металлургия цв. металлов" / Степан Иванович Полькин, Эдуард Владимирович Адамов, 1983. - 400.

2. Абрамов А. А. Обогащение руд цветных металлов : учебник для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" / А. А. Абрамов, С. Б. Леонов, 1991. - 407.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-27324.pdf>

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

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

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21881.pdf>

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

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

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-23124.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Баденикова Г. А. Технология обогащения полезных ископаемых : конспекты лекций / Г. А. Баденикова; Г. А. Баденикова, 2007. - 122.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3601.pdf>

2. Фатьянов А. В. Технология обогащения полезных ископаемых : учебное пособие для студентов специальности 090300 - "Обогащение полезных ископаемых" / А. В. Фатьянов, Л. Г. Никитина, Е. В. Глотова, 2003. - 353.

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

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер P4500/1024*2/160/GF256Mb/DVD-RW/Samsung LCD 19/кл/мышь/сет. фильтр
2. доска аудит.зел
3. Проектор EPSON MultiMedia (с кабелем и креплением)
4. Проектор Toshiba TLP-X100
5. Доска экран 160*160
6. Компьютер P4/1024/160/SVGA256Mb/DVD-RW/кл/мышь/сет.фильтр/ TFT 17 Samsung