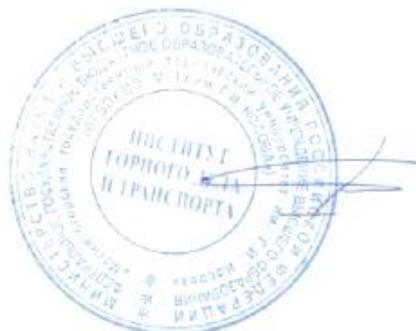




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИГДиТ  
И.А. Пыталев

г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Гидрометаллургия благородных и редких металлов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	3

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых  
03.03.2021 г, протокол № 7

Зав. кафедрой



И.А. Гришин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ  
15.03.2021 г, протокол № 5

Председатель



И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры ГМДиОПИ, д-р техн. наук



Н.Н.Орехова

Рецензент:

Ведущий специалист горно-обогатительного направления агло-коксо-доменной

группы НТЦ ПАО «ММК» ГМДиОПИ, канд. техн. наук



М.А. Цыгалов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Гришин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Гришин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Гришин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Гришин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Гришин

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

формирование и закрепление знаний об этапах промышленного освоения месторождений; о методах изучения элементного и минералогического состава руд, и редких металлов, свойств минеральных частиц, фракционных характеристик продуктов, технологических характеристик приборов и схем; о стадиях и операциях исследования руд на обогатимость.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Исследование руд на обогатимость входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Математика

Дробление, измельчение и подготовка руд к обогащению

Минералогия и кристаллография

Основы динамики массопереноса

Материаловедение

Общая и неорганическая химия

Основы металлургического производства

Основы переработки полезных ископаемых

Процессы и аппараты переработки сырья

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Контроль технологических процессов обогащения

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Организация производства

Проектирование фабрик

Технология обогащения руд

Планирование эксперимента

Проектная деятельность

Гидрометаллургические процессы

Производственная - преддипломная практика

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Исследование руд на обогатимость» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы в области гидрометаллургических процессов переработки руд и концентратов
ПК-1.1	Проводит патентные исследования, обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований
ПК-1.2	Проводит исследования самостоятельных тем
ПК-1.3	Составляет и защищает отчеты и регламенты по результатам лабораторных и промышленных испытаний

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 12,9 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 86,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1.Изучение свойств и состава руд								
1.1 Этапы промышленного освоения месторождений. Стадии исследования руд на обогатимость	3	0,5	2/0,4И		6	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Подготовка к сдаче лабораторной работы 1 Подготовка к лабораторной работе 1.	Проверка конспектов. Устный опрос.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
1.2 Физико-механические свойства руд и продуктов обогащения. Отбор проб, подготовка проб к исследованиям		0,5			10	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Выполнение задач.	Проверка конспектов, расчетов. Проверка решения	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
1.3 Методы изучения элементного, минерального состава руд и технологические исследования обогатимости полезных ископаемых		0,5	2/1И		21	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Подготовка к сдаче лабораторной работы 2 Подготовка к лабораторной работе 2	Проверка конспектов, расчетов и результатов лабораторной и практической работ.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
Итого по разделу		1,5	4/1,4И		37			
2. 2.Технологические исследования на обогатимость								

2.1 Сепарационные характеристики (кривые разделения). Изменчивость характеристик руд. Усреднение руд и управление качеством продукции.	3	0,5			9,4	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Выполнение задач.	Проверка конспектов, расчетов. Проверка решения задач.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
2.2 Исследования обогатимости руд магнитными и гравитационными методами		0,5	2/1И		10	Подготовка конспекта. Подготовка к лабораторным работам 3. Подготовка к сдаче лабораторных работ 3.	Проверка конспектов, расчетов и результатов лабораторной и практической работ.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
2.3 Исследования на обогатимость флотацией		0,5			10	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Выполнение задач.	Проверка конспектов, расчетов. Проверка решения задач	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
Итого по разделу		1,5	2/1И		29,4			
3. 3.Разработка технологии обогащения								
3.1 Выбор технологических решений, синтез схемы разделения, полупромышленные и промышленные	3	0,5			10	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Выполнение задач.	Проверка конспектов, расчетов. Проверка решения задач.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
3.2 Оценка результатов исследований. Оформление отчетов.		0,5			10	Подготовка к лекции. Подготовка конспекта. Выполнение задач.	Проверка конспектов, расчетов. Проверка решения задач. Письменный опрос.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
Итого по разделу		1			20			
Итого за семестр		4	6/2,4И		86,4		экзамен	
Итого по дисциплине		4	6/2,4И		86,4		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

1. Использование в учебном процессе учебных фильмов.
2. Часть занятий лекционного типа проводятся с использованием презентации, выполненных с помощью программного продукта Power Point.
3. Выполнение расчетов с использованием программного продукта Microsoft EXEL.
4. Использование метода проблемного изложения материала, как лектором, так и студентом.
5. Самостоятельное чтение студентами учебной, учебно-методической и справочной литературы и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу.
6. Опросы в интерактивном режиме.
7. Домашние задания.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

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

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Исследования полезных ископаемых на обогатимость : [учеб. пособие] / В. Г. Самойлик. – Донецк: ДонНТУ, 2018. – 190 с.  
<file:///C:/Users/User/Documents/Читаемые%20курсы/ИРнаО/2018%20г.%20%20issledovaniya-poleznyh-iskopaemyh-na-obogatimost.pdf>

2. Авдохин, В.М. Основы обогащения полезных ископаемых : учебник : в 2 томах / В.М. Авдохин. — 4-е изд., стер. — Москва : Горная книга, [б. г.]. — Том 2 : Технологии обогащения полезных ископаемых — 2017. — 312 с. — ISBN 978-5-98672-465-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111337>

3. Федотов, К. В. Проектирование обогатительных фабрик : учебник / К. В. Федотов, Н. И. Никольская ; ред. совет : Л. А. Пучков (пред.) и др. - М. : Горная книга, 2012. - 534 с. : ил., схемы, табл. - (Обогащение полезных ископаемых). - ISBN 978-5-98672-282-5. (Библиотека МГТУ 622.7 Ф 342 )

4. Коннова, Н. И. Рудная и технологическая минералогия : учебное пособие / Н. И. Коннова. — Красноярск : СФУ, 2019. — 176 с. — ISBN 978-5-7638-4086-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157557> (дата обращения: 07.06.2021). — Режим доступа: для

### **б) Дополнительная литература:**

1. Козин В.З. Исследование руд на обогатимость. Уч. пособие. Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд.-во УГГУ, 2008

2. Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. М.: Недра, 1974. - 352 с.

3. Техническая оценка минерального сырья. Опробование месторождений. Характеристика сырья: Справочник /под ред. П.Е. Остапенко. М.: Недра, 1990. -272 с.

4. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования: Справочник / Под. Ред. П.Е. Остапенко. М.: Недра, 1991. 280 с.

### **в) Методические указания:**

1. Орехова Н.Н. Горлова О.Е., Фадеева Н.В. «Основы научных исследований и исследование руд на обогатимость (практикум).- Магнитогорск: МГТУ, 2020. <https://newlms.magtu.ru/course/view.php?id=75773>

2. Фадеева Н.В. Методические указания к контрольной работе по дисциплине «Горное дело и окружающая среда» для студентов специальности 130405. Магнитогорск: МГТУ, 2012.- 18 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
Программное обеспечение для анализа микроструктуры поверхности твердых тел	К-76-14 от 17.11.2014	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа:

Лекционная аудитория 104 -Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Помещения для самостоятельной работы: Компьютерный класс -Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета: Читальные залы библиотеки - Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: комн.030, 9, Шкафы для хранения учебно-методической; документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

07А - Слесарное оборудование.

Лаборатория обогащения полезных ископаемых 013

1. Флотационные лабораторные машины
2. Концентрационный стол
3. Магнитный сепаратор
4. Установка беспенной флотации
5. Винтовой сепаратор
6. Весы
7. рН-метр
8. Бинокулярные лупы

Лаборатория 9 - Анализатор изображения Минерал С-7

## Приложение 1

### **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Исследование руд на обогатимость» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает проведение исследований по теме, соответствующей направленности «Обогащение полезных ископаемых», постановку и проведение эксперимента на лабораторных занятиях, поиск и анализ информации, обработку полученных экспериментальных данных и расчеты.

Тема 1. Введение. Этапы промышленного освоения месторождений. Стадии исследования руд на обогатимость.

Устный опрос.

1. Для чего делаются исследования на обогатимость.
2. На основании чего составляется технологический регламент.
3. Что включает в себя технологический регламент.

Тема 2. Физико-механические свойства руд и продуктов обогащения. Отбор проб, подготовка проб к исследованиям

#### **Тематика лабораторных работ**

1. Составление принципиальных схем сокращения пробы руды до требуемой массы.

Тема 3. Методы изучения элементного, минерального состава руд и технологические исследования обогатимости полезных ископаемых

#### **Тематика лабораторных работ**

2. Обработка изображения - микроскопического снимка шлифа.

Тема 4. Сепарационные характеристики (кривые разделения)

#### **Тематика лабораторных работ**

Определение измельчаемости руды. Построение графиков кинетики измельчения

Определение раскрываемости минералов. Построение зависимостей раскрытия минералов от продолжительности измельчения руды.

**Задачи для промежуточного контроля**

Пример. Ниже приведен фракционный состав касситеритовой руды, измельченной в течение 40 мин:

Фракция	Нерудная	Сростки	Рудная
$\gamma$ , %	50,4	44,3	5,3
$\beta_{Sn}$ , %	0,39	0,37	8,30

Определите коэффициент раскрываемости касситерита и категорию по раскрываемости руды.

Тема 5. Исследования на обогатимость магнитными и гравитационными методами. Общая структура схем обогащения. Замкнутые опыты.

**Тематика лабораторных работ**

1. Испытание полезных ископаемых на обогатимость гравитационными методами обогащения. Построение и анализ кривых обогатимости. Определение теоретически возможных результатов гравитационного обогащения руды.

2. Испытания обогатимости полезных ископаемых магнитными методами.

Тема 6. Исследования на обогатимость флотацией. Изменчивость характеристик руд. Усреднение руд и управление качеством продукции

**Тематика лабораторных работ**

3. Выполнение флотационных опытов по принципу непрерывного процесса.

4. Испытания обогатимости полезных ископаемых флотационными методами

Тема 7. Выбор технологической схемы разделения. Проведение полупромышленных и промышленных испытаний.

**Задачи для промежуточного контроля**

Задачи для промежуточного контроля

2. Рассчитайте эффективность признака разделения  $\Delta_n$  и показатель признака разделения по кривым обогатимости, используя следующие результаты.

Для руды, показатель контрастности которой равен 1,12, определен следующий фракционный состав по разделительному признаку

Номер фракции	Граница величине признака от	фракций по разделительного до	$C_i$ , %	$\gamma_{\phi}$ , %
1	0	200	0,2	30,0
2	200	600	0,6	30,0
3	600	1000	4,5	10,0
4	1000	1800	9,2	20,0
5	>1800		15,3	10,0

3. Производительность фабрики – 10000т/сут. На фабрике получают 2 концентрата. Свинцовый с содержанием в нём свинца – 55%, цинка – 5%; при извлечении в него свинца – 85%; Цинковый с содержанием в нём цинка – 50%, свинца – 1%; при извлечении в него цинка – 80%. Руда имеет содержание: свинца – 1%, цинка – 1,5%. Определить потери свинца с хвостами.

4. Масса пробы руды 1000 кг, размер максимального куска 50 мм,  $\alpha = 2$ ,  $K = 0,1$ . составьте схему разделки пробы.

5. Расход собирателя по технологической схеме – 100 г/т. Навеска руды – 100 гр. Какое количество реагента (мл) нужно дозировать в процесс, если концентрация – 0,1 % ?

6. Выполнен ситовой анализ на ситах: 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25 мм. Получены выхода, г:

100000; 50000; 40000; 20000; 10000; 5000; 5000. Постройте характеристики крупности.

Тема 8. Оценка результатов исследований. Оформление отчетов.

Письменный опрос

1. Правила оформления рисунков.
2. Правила оформления ссылок.
3. Правила оформления таблиц.
4. Структура отчета по ГОСТ.

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по каждой дисциплине (модулю) за определенный период обучения (семестр) и проводится в форме тестирования и защиты практических работ.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-1 Способен самостоятельно организовывать и проводить научно-исследовательские работы в области подготовки к обогащению и переработки минерального и техногенного сырья		
ПК-1.1	Проводит патентные исследования, обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований	<p><b>Вопросы зачета</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объект исследования технологической минералогии.</li> <li>2. Виды проб при геологоразведочных работах.</li> <li>3. Типы проб, их предназначение.</li> <li>4. Характеристика химических типов проб, предназначение.</li> <li>5. Характеристика и предназначение минералогических типов проб.</li> <li>6. Минералогические штучные пробы.</li> <li>7. Последовательность изучения минералогических штучных проб.</li> <li>8. Характеристика и предназначение технологических проб.</li> <li>9. Понятие структуры и текстуры руд.</li> <li>10. Элементный состав руд.</li> <li>11. Минеральный состав руд.</li> <li>12. Физико-механические свойства руд и продуктов обогащения.</li> <li>13. Технологический регламент.</li> <li>14. Паспорт пробы</li> <li>15. Журнал лабораторный.</li> <li>16. Объем и содержание регламентов.</li> <li>17. Пример технологического регламента переработки гематито-магнетитовых руд.</li> <li>18. Принцип Чечотта?</li> <li>19. Размер фракции минеральных частиц?</li> <li>20. Как изменяется неидеальная сепарационная характеристика?</li> <li>21. Как с увеличением крутизны сепарационной характеристики схемы меняется содержание полезного</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>компонента в концентрате?</p> <p>22. Постановка задачи прогнозирующего расчета технологических схем.</p> <p>23. Методика SPI.</p> <p>24. Методика фирмы «Аллис-Чалмерс».</p> <p>25. Методика института «Механобр».</p> <p>26. Какое физическое свойство руды определяется раздавливанием куска?</p> <p>27. Уравнение кинетики флотации.</p> <p>28. Для какой руды целесообразна крупнопорционная сортировка на условные сорта, внутрисортное усреднение в сортовом складе-смесителе с последующей шихтовкой или отдельной переработкой сортов?</p> <p>29. Индекс чистой работы Бонда.</p> <p>30. По какой формуле определяется коэффициент измельчаемости?</p> <p>31. При составлении технологической схемы какими принципами следует руководствоваться?</p> <p>32. Как определяют сыпучесть материала?</p> <p>33. Чем характеризуется сгущаемость пульпы?</p> <p>34. Что такое сепарационная характеристика?</p> <p>35. На различии в каких разделяемых свойствах основан флотационный метод обогащения?</p> <p>36. Технологическая проба.</p> <p>37. Гранулометрический состав руды.</p> <p>38. Текстура и структура руды.</p> <p>39. Разделительные признаки частиц.</p> <p>40. Фракционные характеристики.</p> <p>41. Этапы исследования флотиремости минералов из руд.</p> <p>42. Цель и методика выполнения поисковых опытов флотации руд.</p> <p>43. Какие факторы регулируют при определении режима флотации минерального сырья?</p> <p>44. Какие схемы применяют при флотационном обогащении руд?</p> <p>45. Факторы, определяющие выбор схемы флотации минералов из руд.</p> <p>46. Особенности выполнения опытов флотации руд в замкнутом цикле.</p> <p>47. Основные причины плохой флотиремости крупных частиц.</p> <p>48. Факторы, влияющие на флотиремость крупных частиц.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>49. Флотационные аппараты, применяемые для флотации крупных частиц.</p> <p><b>Вопросы устного опроса</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Правила организации рабочего места</li> <li>2. Порядок подготовки эксперимента</li> <li>3. Порядок выполнения исследованийПравила организации рабочего места</li> <li>5. Порядок подготовки эксперимента</li> <li>6. Порядок выполнения исследованийВопросы зачета</li> <li>33. Факторы, влияющие на результаты флотации минерального сырья.</li> <li>34. Какое свойство минералов называется флотиремостью?</li> <li>35. Классификация минералов по флотиремости.</li> <li>36. Для чего применяют флотационные реагенты?</li> <li>37. Основные задачи, решаемые при изучении флотиремости минералов.</li> <li>38. Подготовка минеральных зерен к исследованиям флотиремости.</li> <li>39. Классификация флотационных реагентов и их целевое назначение.</li> </ol> <p><b>Защита лабораторных работ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение раскрываемости минералов. Построение зависимостей раскрытия минералов от продолжительности измельчения руды.</li> <li>2. Определение измельчаемости руды. Построение графиков кинетики измельчения Определение раскрываемости минералов. Построение зависимостей раскрытия минералов от продолжительности измельчения руды.</li> <li>3. Исследование обогатимости руды в крупнокусковом виде. Расчет показателя контрастности руды по ее фракционному составу и кривым контрастности.</li> </ol>
ПК-1.2	Руководит группой работников при исследовании самостоятельных	<p>Защита лабораторной работы</p> <p>Обработка изображения- микроскопического снимка шлифа. Задание</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Составить фрагмент технологического регламента переработки медно-цинковой руды (по заданию преподавателя).</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства													
	тем	<p><b>Задачи для промежуточного контроля</b>  Определите, пригоден ли уравнение Товарова для описания кинетики измельчения руды I по крупности -0,10+0 и -0,074+0 мм. Задачи для промежуточного контроля</p> <p>3.5. Ниже приведен фракционный состав касситеритовой руды, измельченной в течение 40 мин:</p> <table border="1" data-bbox="663 531 1301 603"> <thead> <tr> <th>Фракция</th> <th>Нерудная</th> <th>Сростки</th> <th>Рудная</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ε, %</td> <td>50,4</td> <td>44,3</td> <td>5,3</td> </tr> <tr> <td>βSn, %</td> <td></td> <td>0,39</td> <td>0,37</td> <td>8,30</td> </tr> </tbody> </table> <p>Определите коэффициент раскрываемости касситерита и категорию по раскрываемости руды.</p> <p><b>Задачи для промежуточного контроля</b>  По полученным графическим зависимостям определяем время, необходимое для измельчения руды в I и II стадиях от крупности 15 % класса -0,074+0 мм до 50 % и от 50 до 90 % соответственно</p> <p><b>Задачи для промежуточного контроля</b>  1. Производительность фабрики 10000т/сут. Фабрика перерабатывает руду, поступающую с 2-х рудников: 1-й с содержанием 1% и объём переработки составляет 20% от общего; 2-й с содержанием 1,5% и объём переработки 80% от общего. Получают концентрат с содержанием 50% и хвосты с содержанием 0,1%. Определить потери металла с хвостами.  2. На фабрике получают 2 концентрата. Песковый с содержанием в нём меди – 20% и массой – 100т/сут. Шламовый с содержанием в нём меди – 15% и массо 200т/сут. Фабрика перерабатывает руду с содержанием 1% и имеет производительность – 10000т/сут. Определить сколько тонн металла выплавят на металлургическом заводе из концентрата.</p> <p><b>Задачи для промежуточного контроля</b>  1. Производительность фабрики 10000т/сут. Фабрика перерабатывает руду, поступающую с 2-х рудников: 1-й с содержанием 1% и объём переработки составляет 20% от общего; 2-й с содержанием 1,5% и объём переработки 80% от общего. Получают концентрат с содержанием 50% и хвосты с содержанием 0,1%. Определить потери металла с хвостами.  2. На фабрике получают 2 концентрата. Песковый с содержанием в нём меди – 20% и массой – 100т/сут. Шламовый с содержанием в нём меди – 15% и массо 200т/сут. Фабрика перерабатывает руду с содержанием 1% и имеет производительность – 10000т/сут. Определить сколько тонн металла выплавят на металлургическом заводе из концентрата.</p>	Фракция	Нерудная	Сростки	Рудная	ε, %	50,4	44,3	5,3	βSn, %		0,39	0,37	8,30
Фракция	Нерудная	Сростки	Рудная												
ε, %	50,4	44,3	5,3												
βSn, %		0,39	0,37	8,30											

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства																																																																		
		<p>1. Выполнен активный эксперимент типа ПФЭ <math>N=2^3</math> по плану вида</p> <table border="1" data-bbox="660 422 1624 566"> <tr> <td>Номер опыта</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td><math>X_1</math></td> <td>+</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>X_2</math></td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>X_3</math></td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table> <p>План реализован трижды. Необходимо найти модель вида</p> $\bar{y} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + a_{123}X_1X_2X_3$ <p>и с ее помощью определить оптимальный реагентный режим флотационного процесса, используя следующие экспериментальные данные.</p> <p>1.1. При флотации медной руды изучено влияние расходов сульфида натрия (<math>x_1</math>), бутилксантогената калия (<math>x_2</math>) и модификатора (<math>x_3</math>) на выход медного концентрата (<math>\gamma_i</math>, %).</p> <table border="1" data-bbox="660 805 1400 917"> <tr> <td>Задано</td> <td><math>x_1</math>, г/т</td> <td><math>x_2</math>, г/т</td> <td><math>x_3</math>, г/т</td> </tr> <tr> <td><math>x_{0j}</math></td> <td>61</td> <td>50</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta x_j</math></td> <td>35</td> <td>16</td> <td>0.36</td> </tr> </table> <p>Получено</p> <table border="1" data-bbox="660 949 1534 1029"> <tr> <td>1) Номер опыта</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma_i</math>, %</td> <td>3,5</td> <td>3,1</td> <td>3,9</td> <td>3,3</td> <td>3,6</td> <td>3,0</td> <td>3,4</td> <td>3,1</td> </tr> </table> <p>2) <math>\bar{S}_B^2 = 0,026</math>.</p>	Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	$X_1$	+	-	+	-	+	-	+	-	$X_2$	+	+	-	-	+	+	-	-	$X_3$	+	+	+	+	-	-	-	-	Задано	$x_1$ , г/т	$x_2$ , г/т	$x_3$ , г/т	$x_{0j}$	61	50	1.00	$\Delta x_j$	35	16	0.36	1) Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	$\gamma_i$ , %	3,5	3,1	3,9	3,3	3,6	3,0	3,4	3,1
Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8																																																												
$X_1$	+	-	+	-	+	-	+	-																																																												
$X_2$	+	+	-	-	+	+	-	-																																																												
$X_3$	+	+	+	+	-	-	-	-																																																												
Задано	$x_1$ , г/т	$x_2$ , г/т	$x_3$ , г/т																																																																	
$x_{0j}$	61	50	1.00																																																																	
$\Delta x_j$	35	16	0.36																																																																	
1) Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8																																																												
$\gamma_i$ , %	3,5	3,1	3,9	3,3	3,6	3,0	3,4	3,1																																																												
ПК-1.3	Составляет и защищает отчеты и регламенты по результатам лабораторных и промышленных испытаний	<p><b>Задачи для промежуточного контроля</b></p> <p>Для разделения какого сырья наиболее часто используют технологические свойства? (примеры заданий по вариантам)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• гравитационные (плотность);</li> <li>• магнитные (магнитная восприимчивость, магнитная жесткость - коэрцитивная сила для ферромагнитных минералов, остаточный магнетизм);</li> <li>• электрические (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, контактная электризация - трибоэлектризация, полупроводниковые свойства);</li> <li>• механические (твердость, хрупкость, упругость и пластичность, используемые при избирательном</li> </ul>																																																																		

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства																														
		<p>дроблении и измельчении);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оптические (окраска, прозрачность, пропускание и отражение света);</li> <li>• люминесцентные (фотолюминесцентные, рентгенолюминесцентные, термолюминесцентные);</li> <li>• поверхностные (смачиваемость, флотируемость, взаимодействие с флотореагентами: собирателями, активаторами, депрессорами);</li> <li>• сорбционные (адсорбционные, ионообменные);</li> <li>• термические (тепловые характеристики, поведение при нагревании);</li> <li>• химические (растворимость в различных реагентах, реакционная способность);</li> <li>• радиационные (естественная и наведенная радиоактивность);</li> <li>• бактериальные (взаимодействие с бактериями).</li> </ul> <p><b>Задачи для промежуточного контроля</b></p> <p>1. Выполнен ситовой анализ на ситах: 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25 мм. Получены выходы, г: 100000; 50000; 40000; 20000; 10000; 5000; 5000. Постройте характеристики крупности.</p> <p>2. Рассчитайте эффективность признака разделения <math>\mathcal{E}_n</math> и показатель признака разделения по кривым обогатимости, используя следующие результаты.</p> <p>2.1. Для руды, показатель контрастности которой равен 1,12, определен следующий фракционный состав по разделительному признаку</p> <table border="1" data-bbox="629 1066 1585 1401"> <thead> <tr> <th>Номер фракции</th> <th>Граница величины признака от</th> <th>фракций по разделительному признаку до</th> <th><math>C_i, \%</math></th> <th><math>\gamma_{\phi}, \%</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>200</td> <td>0,2</td> <td>30,0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>200</td> <td>600</td> <td>0,6</td> <td>30,0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>600</td> <td>1000</td> <td>4,5</td> <td>10,0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1000</td> <td>1800</td> <td>9,2</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>&gt;1800</td> <td></td> <td>15,3</td> <td>10,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. Производительность фабрики – 10000т/сут. На фабрике получают 2 концентрата. Свинцовый с содержанием в нём свинца – 55%, цинка – 5%; при извлечении в него свинца – 85%; Цинковый с</p>	Номер фракции	Граница величины признака от	фракций по разделительному признаку до	$C_i, \%$	$\gamma_{\phi}, \%$	1	0	200	0,2	30,0	2	200	600	0,6	30,0	3	600	1000	4,5	10,0	4	1000	1800	9,2	20,0	5	>1800		15,3	10,0
Номер фракции	Граница величины признака от	фракций по разделительному признаку до	$C_i, \%$	$\gamma_{\phi}, \%$																												
1	0	200	0,2	30,0																												
2	200	600	0,6	30,0																												
3	600	1000	4,5	10,0																												
4	1000	1800	9,2	20,0																												
5	>1800		15,3	10,0																												

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>содержанием в нём цинка – 50%, свинца – 1%; при извлечении в него цинка – 80%. Руда имеет содержание: свинца – 1%, цинка – 1,5%. Определить потери свинца с хвостами.</p> <p>4. Масса пробы руды 1000 кг, размер максимального куска 50 мм, <math>\alpha=2</math>, <math>K=0,1</math>. составьте схему разделки пробы.</p> <p>5. Расход собирателя по технологической схеме – 100 г/т. Навеска руды – 100 гр. Какое количество реагента (мл) нужно дозировать в процесс, если концентрация – 0,1 % ?</p> <p><b>Защита лабораторных работ</b></p> <p>1. Испытание полезных ископаемых на обогатимость гравитационными методами обогащения. Построение и анализ кривых обогатимости. Определение теоретически возможных результатов гравитационного обогащения руды.</p> <p>2. Испытания обогатимости полезных ископаемых магнитными методами.</p> <p>3. Выполнение флотационных опытов по принципу непрерывного процесса.</p> <p>4. Испытания обогатимости полезных ископаемых флотационными методами</p> <p>5. Испытание полезных ископаемых на обогатимость гравитационными методами обогащения. Построение и анализ кривых обогатимости. Определение теоретически возможных результатов гравитационного обогащения руды.</p> <p>6. Испытания обогатимости полезных ископаемых магнитными методами.</p> <p>7. Выполнение флотационных опытов по принципу непрерывного процесса.</p> <p>8. Испытания обогатимости полезных ископаемых флотационными методами</p>

### **Перечень вопросов к экзамену:**

1. По какой формуле определяется коэффициент измельчаемости?
  2. При составлении технологической схемы какими принципами следует руководствоваться?
  3. Как определяют сыпучесть материала?
  4. Чем характеризуется сгущаемость пульпы?
  5. Что такое сепарационная характеристика?
  6. На различии в каких разделяемых свойствах основан флотационный метод обогащения?
  7. Принцип Чечотта?
  8. Размер фракции минеральных частиц?
  9. Как изменяется неидеальная сепарационная характеристика?
  10. Как с увеличением крутизны сепарационной характеристики схемы меняется содержание полезного компонента в концентрате?
  11. Постановка задачи прогнозирующего расчета технологических схем.
  12. Методика SPI.
  13. Методика фирмы «Аллис-Чалмерс».
  14. Методика института «Механобр».
  15. Какое физическое свойство руды определяется раздавливанием куска?
  16. Уравнение кинетики флотации.
  17. Для какой руды целесообразна крупнопорционная сортировка на условные сорта, внутрисортное усреднение в сортовом складе-смесителе с последующей шихтовкой или раздельной переработкой сортов?
  18. Индекс чистой работы Бонда.
  19. Технологический регламент.
  20. Технологическая проба.
  21. Гранулометрический состав руды.
  22. Текстура и структура руды.
  23. Элементный состав руд.
  24. Минеральный состав руд.
  25. Физико-механические свойства руд и продуктов обогащения.
  26. Разделительные признаки частиц.
  27. Фракционные характеристики.
  28. Сепарационные характеристики (кривые разделения) или возможности обогатительных аппаратов и схем.
  29. Раскрытие минеральных фаз.
  30. Общая структура схем обогащения.
- Испытания отдельных технологических операций обогащения.
31. Выбор технологической схемы разделения.
  32. Изменчивость характеристик руд.
  33. Усреднение руд и управление качеством продукции.
  34. Испытания технологических схем.
  35. Примеры технологических регламентов.
  36. Объем и содержание регламентов.
  37. Пример технологического регламента переработки гематито-магнетитовых руд.
  38. Фрагмент технологического регламента переработки медно-цинковой руды.

### **Методические рекомендации для подготовки к зачету**

Студент допускается к экзамену при посещении 80% лекций, выполнении и защите всех контрольных, лабораторных и практических работ, предусмотренных программой.

Подготовка к экзамену заключается в изучении и тщательной проработке студентом учебного материала дисциплины с учетом учебников, лекционных и практических занятий, сгруппированного в виде контрольных вопросов.

Для допуска к экзамену студент обязан предоставить полный конспект лекций, оформленные практические работы.

Экзамен по курсу проводится в виде письменного ответа на билет и устных ответов на дополнительные вопросы из представленного ниже перечня по курсу.

Критерии оценки:

– на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. усвоил учебный материал, исчерпывающе, логически, грамотно изложив его, показал знания методологии научного исследования, специальной литературы, не допускал существенных неточностей, а также правильно применял понятийный аппарат;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е., показывает знание основных методов исследований, используемых в обогащении полезных ископаемых, владение навыками и методиками обобщения результатов не допускал существенных неточностей, а также правильно применял понятийный аппарат, рассказал порядок решения задачи;

– на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. знает...основные определения и понятия естественных наук, методы поиска информации, может интерпретировать и комментировать получаемую информацию, демонстрирует навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Результаты экзамена объявляются студенту после окончания его ответа в день сдачи.