Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра горного дела

Рабочая программа дисциплины (модуля)

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность и специализация
21.05.04 Горное дело. Горное дело

Год набора на ОПОП
2024

Форма обучения
заочная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Обогащение полезных ископаемых» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело (утв. приказом Минобрнауки России от 12.08.2020г. №987) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Васянович Ю.А., доктор технических наук, профессор, Кафедра горного дела, Y.Vasyanovich@vvsu.ru

Педан Н.Р., ассистент, Кафедра горного дела, Nikita.Pedan@vvsu.ru

Утверждена на заседании кафедры горного дела от 22.04.2026, протокол № 8

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	1576663924
Номер транзакции	0000000000ED7717
Владелец	Кузнецов П.А.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Обогащение полезных ископаемых» является обучение студентов основам технологий обогащения полезных ископаемых и комплексного использования минерального сырья; формирование у них навыков оформления и ведение технической документации по вопросам обогащения полезных ископаемых на горном производстве.

Задачи освоения дисциплины:

1. приобретение теоретических знаний в области технологических свойств минералов и минерального сырья;

2. развитие умений и практических навыков для ведения, согласования и утверждения технических, технологических документов по методам контроля и опробования при переработке минерального сырья, применение этой документации на горном предприятии;

3. формирование готовности к определению минералогического состава образцов горной породы и применению методов опробования и переработки горных пород.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
21.05.04 «Горное дело» (ГД)	ОПК-4 : Способен с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр	ОПК-4.1к : Осуществляет выбор методов решения научных и практических задач в области рационального и комплексного освоения георесурсного потенциала недр на основе теоретических знаний	РД1	Знание	основных типов горных пород, их минералогический состав, основные рудные и породные минералы и основные методы их переработки, методов опробования и переработки
		ОПК-4.2к : Использует базовые знания фундаментальных разделов естественнонаучных дисциплин и наук о Земле при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного	РД2	Умение	определить в образцах горной породы наличие полезных компонентов и обосновать и применить метод их переработки, определения минералогического состава образцов горной породы и методами опробова-ния и переработки горных пород
			РД3	Навык	разрабатывает техническую и технологическую

		потенциала недр			документацию для опробования и переработки твердых полезных ископаемых

В процессе освоения дисциплины решаются задачи воспитания гармонично развитой, патриотичной и социально ответственной личности на основе традиционных российских духовно-нравственных и культурно-исторических ценностей, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Целевые ориентиры воспитания

Воспитательные задачи	**Формирование ценностей**	**Целевые ориентиры**
Формирование гражданской позиции и патриотизма		
Формирование чувства гордости за достижения России	Высокие нравственные идеалы	Осознание ценности профессии
Формирование духовно-нравственных ценностей		
Формирование ответственного отношения к труду	Созидательный труд	Трудолюбие
Формирование научного мировоззрения и культуры мышления		
Формирование осознания ценности научного мировоззрения и критического мышления	Коллективизм	Системное мышление
Формирование коммуникативных навыков и культуры общения		
Формирование культуры письменной речи и делового общения	Достоинство	Коммуникабельность

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Обогащение полезных ископаемых» входит в обязательную часть учебного плана специальности 21.05.04 Горное дело и проводится на 5 курсе.

Входными требованиями, необходимыми для освоения дисциплины, является наличие у обучающихся компетенций, сформированных при изучении дисциплин «Геология», «Химия», «Основы горного дела», «Физика горных пород», «Горнопромышленная экология».

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче- ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или	Трудо-емкость	Объем контактной работы (час)	СРС	Форма аттес-тации

			курс (ЗФО, ОЗФО)	(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди-торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
21.05.04 Горное дело	ЗФО	С1.Б	5	4	17	8	4	4	1	0	127	Э

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ЗФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ЗФО

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Технологические свойства минералов и минерального сырья.	РД1	2	1	0	21	Устный опрос Практическая работа. Тестирование
2	Подготовительные процессы	РД1	3	0	0	16	Устный опрос Тестирование
3	Основные обогатительные процессы	РД2	5	1	0	32	Устный опрос Практическая работа. Тестирование
4	Вспомогательные процессы	РД2	3	0	0	16	Устный опрос Тестирование
5	Контроль и опробование на обогатительных фабриках	РД3	2	1	0	21	Устный опрос Практическая работа. Тестирование
6	Обогатительные фабрики	РД2	2	1	0	21	Устный опрос Практическая работа. Тестирование
Итого по таблице			**17**	**4**	**0**	**127**	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ЗФО

Тема 1 Технологические свойства минералов и минерального сырья.

Содержание темы: Тема 1.1 Введение в дисциплину «Обогащение полезных ископаемых». Цель и задачи курса. Полезные ископаемые и их характеристики (1 час.) Значение данной дисциплины в подготовке горного инженера. Обзор истории развития Обогащения полезных ископаемых. Полезные ископаемые и их характеристики. Классификация полезных ископаемых. Вещественный состав полезных ископаемых. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение лекций, работа с дополнительной литературой.

Тема 2 Подготовительные процессы.

Содержание темы: Тема 2.1 Виды процессов. (1 час.) Грохочение. Назначение и классификация процессов. Гранулометрический состав полезных ископаемых. Теоретические основы грохочения. Рабочая поверхность грохотов. Классификация и конструкции грохотов. Технологические параметры процесса грохочения. Тема 2.2

Гидравлическая классификация. (1 час.) Назначение и принципы классификации. Теоретические основы классификации. Процессы гидравлической классификации. Классификаторы. Гидроциклоны. Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: практическая работа. Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, поиск информации по теме занятия. Тема 2.2 Дробление (1 час.) Назначение и классификация процессов. Теоретические основы дробления. Классификация дробильных машин. Щековые дробилки. Конусные дробилки. Валковые дробилки. Дробилки ударного действия. Электрогидравлическое и электроимпульсное дробление. Схемы дробления. Измельчение. Назначение и классификация процессов. Измельчаемость полезных ископаемых. Циркулирующая нагрузка. Мельницы барабанные: стержневые, шаровые, галечные и рудногалечные, самоизмельчения, вибрационные, центробежные, струйные. Схемы измельчения. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции,самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение лекций, работа с дополнительной литературой.

Тема 3 Основные обогатительные процессы.

Содержание темы: Тема 3.1 Гравитационный метод обогащения (1 час.) Общая характеристика и классификация процессов. Теоретические основы гравитационного обогащения. Обогащение в тяж?лых средах. Обогащение в потоке воды на наклонной плоскости (концентрационные столы, шлюзы, струйные концентраторы). Отсадка (отсадочные машины). Обогащение в криволинейных и центробежных потоках воды (винтовые сепараторы, центробежные концентраторы). Пневматическое обогащение. Обогащение в противоточных гравитационных аппаратах (шнековые сепараторы, крутонаклонные сепараторы). Тема 3.2 Магнитный метод обогащения. (1 час.) Общие сведения и классификация процессов. Теоретические основы магнитных методов обогащения. Классификация и общая характеристика магнитных сепараторов. Магнитная сепарация сильномагнитных руд и материалов. Магнитная сепарация слабомагнитных руд и материалов. Схемы магнитного обогащения. Магнетизирующий обжиг руд. Тема 3.3 Электрический метод обогащения. (1 час.). Общие сведения и классификация процессов. Теоретические основы злектрической сепарации. Сущность электрических методов обогащения. Методы улучшения селективности электрической сепарации. Электрические сепараторы и принцип их работы. Тема 3.4 Флотационный метод обогащения. (1 час.). Общие сведения и классификация процессов. Теоретические основы флотации. Классификация флотационных реагентов. Реагенты − собиратели. Реагенты − активаторы. Реагенты − депрессоры. Реагенты − регуляторы среды. Реагенты − пенообразователи. Пульпа. Технологические параметры флотации. Флотационные машины. Схемы флотации. Тема 3.5 Прочие методы обогащения. (1 час.) Радиометрический метод обогащения. Общие сведения и классификация процессов. Радиометрические сепараторы. Специальные и комбинированные методы обогащения. Обогащение по крупности. Обогащение по форме, трению и упругости. Адгезионные процессы обогащения. Химические методы обогащения. Комбинированные методы обогащения. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение лекций, работа с дополнительной литературой.

Тема 4 Вспомогательные процессы.

Содержание темы: Тема 4.1 Обезвоживание продуктов обогащения (1,5 часа.). Обезвоживание продуктов обогащения. Назначение и общая характеристика процессов и

продуктов обезвоживания. Дренирование. Сгущение. Фильтрование. Центрифугирование. Сушка. Основное оборудование. Тема 4.2 Окускование полезных ископаемых (1,5 часа.). Окускование полезных ископаемых. Назначение и классификация процессов. Агломерация. Окомкование. Брикетирование. Пылеулавливание, очистка сточных и кондиционирование оборотных вод. Сухие пылеуловители. Электрофильтры. Мокрые пылеуловители. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение лекций, работа с дополнительной литературой.

Тема 5 Контроль и опробование на обогатительных фабриках .

Содержание темы: Назначение контроля и опробования. Отбор проб. Подготовка проб к ис-следованию. Контроль основных параметров технологического процесса.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение лекций, работа с дополнительной литературой.

Тема 6 Обогатительные фабрики.

Содержание темы: Тема 6.1 Промышленная площадка обогатительной фабрики (1 час.) Цеха и отделения обогатительной фабрики. Требования к нженерно-техническим работникам и рабочему персоналу. Тема 6.2 Вспомогательные структуры обогатительной фабрики (1 час.) Хвостовое хозяйство. Реагентное хозяйство. Тема 6.3 Промышленная безопасность на обогатительной фабрике (1 час.) Техника безопасности. Охрана труда. Охрана окружающей среды. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение лекций, работа с дополнительной литературой.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы, выполнение аттестационных мероприятий, эффективную самостоятельную работу. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на самостоятельную подготовку к практическим занятиям, выполнение творческих заданий, самостоятельное изучение некоторых разделов курса.

Практические задания выполняются студентами как аудиторно, так и самостоятельно. В начале занятия преподаватель информирует студентов о требованиях и дает рекомендации по выполнению каждой практической работы.

Работа над практическими заданиями включает: качество проделанных практических работ, посещаемость занятий, результаты самостоятельной работы по выполнению практических заданий.

Подготовке студента к выполнению работ на практическом занятии должно предшествовать изучение литературы, приведенной в списке основной и дополнительной литературы рабочей программы учебной дисциплины. При этом, желательно, чтобы

студенты проводили анализ полученной дополнительной информации, анализировали существенные дополнения и ставили вопросы. В процессе самостоятельной подготовки используются электронные базы данных и различные электронные ресурсы. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Темы практических заданий, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в ФОС к дисциплине.

Текущий контроль проводится:

- по результатам работы студентов на практических занятиях и самостоятельной работы по выполнению практических заданий. Критерием оценки является полнота выполнения практических работ, выполнение их в точном соответствии с постановкой и творческий подход к решению проблем.

Изучение дисциплины завершается экзаменом на 5 курсе

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Костромина, И. В. Основы обогащения полезных ископаемых : учебное пособие / И. В. Костромина. — Чита : ЗабГУ, 2022. — 168 с. — ISBN 978-5-9293-3022-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

https://e.lanbook.com/book/363311 (дата обращения: 17.12.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Лукина, К. И. Обогащение полезных ископаемых : учебное пособие / К.И. Лукина, В.П. Якушкин, А.Н. Муклакова. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с. — (Высшее образование: Специалитет). - ISBN 978-5-16-010748-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1852905 (Дата обращения - 24.12.2025)

3. Семакина, О. К. Оборудование перерабатывающих производств. Переработка минерального сырья : учебник для вузов / О. К. Семакина, Д. А. Горлушко. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 90 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00706-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/561283 (дата обращения: 15.12.2025).

7.2 Дополнительная литература

1. Аверин, Г. А. Обогащение полезных ископаемых : учебное пособие : [16+] / Г. А. Аверин, О. Г. Доценко, Е. Г. Корецкая. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 212 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=703029 (дата обращения: 16.12.2025). – Библиогр.: с. 208. – ISBN 978-5-4499-3853-4. – DOI 10.23681/703029. – Текст : электронный.

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
2. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
3. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
4. Электронно-библиотечная система "УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН"
5. Open Academic Journals Index (OAJI). Профессиональная база данных - Режим доступа: http://oaji.net/
6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: https://www.prlib.ru/
7. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: http://www.consultant.ru/

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Компьютеры
- Проектор

Программное обеспечение:

- Office
- КонсультантПлюс

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра горного дела

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность и специализация
21.05.04 Горное дело. Горное дело

Год набора на ОПОП
2024

Форма обучения
заочная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
21.05.04 «Горное дело» (ГД)	ОПК-4 : Способен с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр	ОПК-4.1к : Осуществляет выбор методов решения научных и практических задач в области рационального и комплексного освоения георесурсного потенциала недр на основе теоретических знаний
		ОПК-4.2к : Использует базовые знания фундаментальных разделов естественнонаучных дисциплин и наук о Земле при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ОПК-4 «Способен с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез- та	Результат	
ОПК-4.1к : Осуществляет выбор методов решения научных и практических задач в области рационального и комплексного освоения георесурсного потенциала недр на основе теоретических знаний	РД1	Знание	основных типов горных пород, их минералоги-ческий состав, основные рудные и породные минералы и основные методы их переработки, методов опробования и переработки	Знание минералогического состава горных пород, основных рудных и породных минералов и методов их опробывания и переработки
ОПК-4.2к : Использует базовые знания фундаментальных разделов естественнонаучных дисциплин и наук о Земле при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр	РД2	Умение	определить в образцах горной породы наличие полезных компонентов и обосновать и применить метод их переработки, определения минерало-гического состава образцов горной породы и методами опробова-ния и переработки горных пород	Способность к выявлению в образцах горной породы полезных компонентов, обос-новать и выбрать методы и технологии их опробывания и переработки

	РД3	Навык	разрабатывает техническую и технологическую документацию для опробования и переработки твердых полезных ископаемых	Формирование и обеспечение документооборота по технологиям переработки твердых полезных ископаемых

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Заочная форма обучения				
РД1	Знание : основных типов горных пород, их минералоги-ческий состав, основные рудные и породные минералы и основные методы их переработки, методов опробования и переработки	1.1. Технологические свойства минералов и минерального сырья.	Опрос	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
			Тест	Экзамен в письменной форме
		1.2. Подготовительные процессы	Опрос	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
			Тест	Экзамен в письменной форме
РД2	Умение : определить в образцах горной породы наличие полезных компонентов и обосновать и применить метод их переработки, определения минерало-гического состава образцов горной породы и методами опробова-ния и переработки горных пород	1.3. Основные обогатительные процессы	Опрос	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
			Тест	Экзамен в письменной форме
		1.4. Вспомогательные процессы	Опрос	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
			Тест	Экзамен в письменной форме
		1.6. Обогатительные фабрики	Опрос	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
			Тест	Экзамен в письменной форме

РД3	Навык : разрабатывает техническую и технологическую документацию для опробования и переработки твердых полезных ископаемых	1.5. Контроль и опробование на обогатительных фабриках	Опрос	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
			Тест	Экзамен в письменной форме

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Итого
Практическая работа	3	3	3	3	3	3	18
Лабораторная работа	3	3	3	3	3	3	18
Устный опрос	2	2	2	2	2	2	12
Самостоятельная работа	2	2	2	2	2	2	12
Промежуточная аттестация	0	0	0	0	0	0	40
Итого за 5 курс							100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические работы, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Контрольный тест

5.1 Тестирование

Тест 1. Технологические свойства минералов и минерального сырья

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

Выбор одного правильного ответа

Прочитайте вопрос или задание. Выберите правильный ответа, запишите его в виде буквы

Выбор одного правильного ответа

1. Что является основной целью дисциплины «Обогащение полезных ископаемых» в подготовке горного инженера?

а) Изучение методов повышения содержания полезного компонента в руде за счет разделения минералов.

б) Обучение проектированию карьеров и шахт.

в) Изучение методов строительства горных предприятий.

г) Освоение техники бурения скважин.

Ответ: А

2. Какая из характеристик полезных ископаемых НЕ относится к вещественному составу?

а) Минералогический состав.

б) Химический состав.

в) Текстура и структура руды.

г) Природа полезного компонента (простой элемент, оксид, соль и т.д.).

Ответ: В

3. К какому классу полезных ископаемых по назначению относится каменный уголь?

а) Рудные.

б) Горючие (каустобиолиты).

в) Нерудные.

г) Гидроминеральные.

Ответ: Б

4. Историческое развитие обогащения полезных ископаемых началось с необходимости:

а) Переработки нефти.

б) Снижения энергозатрат на добычу.

в) Повышения содержания металла в руде перед плавкой (например, промывка, дробление).

г) Создания композитных материалов.

Ответ: В

5. Ключевым фактором, определяющим выбор метода обогащения, является:

а) Глубина залегания месторождения.

б) Климатические условия региона.

в) Различия в физических или физико-химических свойствах минералов, составляющих руду.

г) Стоимость оборудования.

Ответ: В

6. Что из перечисленного является ОПЕРАЦИЕЙ обогащения, а не процессом?

а) Гравитационное обогащение.

б) Флотация.

в) Магнитная сепарация.

г) Грохочение (разделение по крупности).

Ответ: Г

7. Какой технологический показатель обогащения характеризует степень извлечения полезного компонента из исходной руды в концентрат?

а) Извлечение полезного компонента.

б) Выход концентрата.

в) Содержание полезного компонента в концентрате.

г) Степень дробления.

Ответ: А

8. Что понимается под «обогатимостью» полезного ископаемого?

а) Рыночная стоимость конечного концентрата.

б) Технологическая возможность и эффективность его обогащения, определяемая минеральным составом и текстурой.

в) Глубина, на которой залегает рудное тело.

г) Сложность добычи ископаемого.

Ответ: Б

9. Схема, на которой показана последовательность операций и процессов обогащения с указанием оборудования, называется:

а) Геологическим разрезом.

б) Картой горных работ.

в) Генеральным планом предприятия.

г) Принципиальной технологической схемой.

Ответ: Г

10. Особенность производственной среды горно-обогатительных предприятий с точки зрения технологии обогащения – это:

а) Необходимость работы только в закрытых помещениях.

б) Переработка больших масс материала с неоднородным и переменным составом. (Правильный)

в) Использование исключительно ручного труда.

г) Отсутствие отходов производства.

Ответ: Б

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

11. Установите соответствие между классификацией полезных ископаемых по промышленному использованию и примерами:

а) Рудные полезные ископаемые

б) Горючие полезные ископаемые

в) Нерудные полезные ископаемые

г) Гидроминеральные полезные ископаемые

Варианты:

1. Нефть, уголь, торф

2. Железная руда, медная руда, бокситы

3. Подземные минеральные воды, рассолы

4. Глина, песок, гранит, известняк

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г
2	1	4	3

12. Установите соответствие между характеристикой полезного ископаемого и её описанием:

а) Минералогический состав

б) Текстура руды

в) Структура руды

г) Химический состав

Варианты:

1. Пространственное расположение минеральных агрегатов в руде (массивная, полосчатая и т.д.)

2. Виды и количественное соотношение минералов в руде

3. Форма, размер и взаимное расположение минеральных зёрен

4. Содержание химических элементов и соединений в руде

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г
2	1	3	4

13. Установите соответствие между методом обогащения и физическим свойством, на котором он основан:

а) Гравитационное обогащение

б) Магнитная сепарация

в) Флотация

г) Электрическая сепарация

Варианты:

1. Различие в магнитной восприимчивости минералов
2. Различие в смачиваемости поверхности минералов
3. Различие в плотности минералов
4. Различие в электрической проводимости или заряде минералов

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г
3	1	2	4

14. Установите соответствие между технологическим показателем обогащения и его определением:

а) Выход концентрата

б) Содержание полезного компонента

в) Извлечение полезного компонента

г) Степень обогащения

Варианты:

1. Отношение массы полученного концентрата к массе исходной руды, выраженное в процентах
2. Количество полезного компонента в продукте (руде, концентрате), выраженное в процентах
3. Отношение содержания полезного компонента в концентрате к его содержанию в исходной руде
4. Доля полезного компонента, перешедшего из руды в концентрат, от общего его количества в руде, выраженная в процентах

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г
1	2	4	3

ЗАДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Ввод развернутого ответа (текстовое поле)

Прочитайте задание. Напишите правильный ответ напишите в виде текста

15. Опишите основные цели курса «Обогащение полезных ископаемых».

Ответ: Основная цель курса — сформировать у будущего горного инженера систематизированные знания о теоретических основах и практических методах повышения ценности минерального сырья. Задачи включают: изучение вещественного состава и технологических свойств руд, освоение принципов и процессов разделения минералов (гравитация, флотация, магнитная и электрическая сепарация и др.), умение анализировать и выбирать рациональные технологические схемы обогащения, а также оценивать их эффективность через ключевые технологические показатели (выход, извлечение, содержание). Курс закладывает фундамент для проектирования и управления работой обогатительных фабрик.

16. Объясните, что понимается под «обогатимостью» полезного ископаемого и от каких факторов она зависит.

Ответ: «Обогатимость» — это технологическая характеристика полезного ископаемого, отражающая потенциальную возможность и ожидаемую эффективность его разделения на концентраты и отходы с помощью существующих методов обогащения. Она не является постоянной величиной и зависит от комплекса геолого-минералогических факторов:

1. Минералогический состав: Наличие целевых минералов и минералов-спутников.
2. Структура руды: Размер зерен полезных минералов.
3. Характер срастания: Тип и теснота срастания полезных минералов с пустой породой (свободные, сростковые, тонковкрапленные зерна).
4. Физические и физико-химические свойства: Различия в плотности, магнитной восприимчивости, смачиваемости, электропроводности между ценными и пустыми минералами. Чем больше эти различия и чем более крупные и свободные зерна полезного минерала, тем выше обогатимость руды.

Краткие методические указания
Шкала оценки
Критерии оценивания устного ответа (*экзамен)*

Оценка 5 (35-40 баллов) - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка 4 (24-34 балла) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка 3 (10-23 балла) – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка 2 (0-9) балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

5.2 Вопросы к экзамену

6.1 Варианты вопросов к экзамену:

1. Процессы рудоподготовки. Назначение операций дробления материала перед обогащением. Основные способы и законы дробления.

2. Модификаторы процесса флотации, их назначение и применение на практике.

3. Основные технологические показатели процесса флотации, определения, формулы расч?та. Задача.

4. Грохочение. Назначение операции грохочение. Виды грохочения. Эффективность грохочения.

5. Физические основы электрического метода обогащения. Электрические свойства минералов, их классификация. Силы, действующие при разделении минералов в электрополях.

6. Основные технологические показатели электрического метода обогащения, определения, формулы расч?та. Задача.

7. Основные типы дробильных аппаратов. Устройство и принцип их работы.

8. Классификация минералов по флотируемости. Связь вещественного состава руд с особенностью схем и режимов флотации.

9. Основные технологические показатели флотируемости минералов, определения, формулы расчёта. Задача.

10. Аппараты для грохочения. Классификация грохотов и область их применения. Характеристика просеивающих поверхностей. Понятие «живого сечения» грохота.

11. Принципиальные схемы флотационного обогащения. Классификация операций флотации. Стадиальные и комбинированные схемы обогащения.

12. Основные технологические показатели схем флотации, определения, формулы расчёта. Задача.

13. Измельчение, назначение операций в схеме рудоподготовки. Основные типы мельниц, их конструкции и принцип действия: а) в зависимости от типа измельчающей среды; б) от способа разгрузки измельчённого продукта и др.

14. Флотационные реагенты, их назначение и применение на практике.

15. Основные технологические показатели применяемых реагентов, определения, формулы расч?та. Задача.

16. Физические основы магнитного метода обогащения. Характеристика магнитного поля. Магнитные свойства веществ.

17. Гранулометрический состав, способы определения. Характеристики крупности.

18. Основные технологические показатели магнитного метода обогащения, определения, формулы расч?та. Задача.

19. Физические основы радиометрического метода обогащения. Рентгенорадиометрическое и фотометрическое обогащение. Устройство и принцип действия сепараторов. Практика применения на обогатительной фабрике цветных и редких металлов.

20. Основные понятия и задачи процесса грохочения. Механизм процесса грохочения. Эффективность грохочения, расчёт. Основные факторы, влияющие на эффективность грохочения.

21. Основные технологические показатели радиометрического метода обогащения, определения, формулы расчёта. Задача.

22. Характеристика и принцип работы шаровых мельниц. Основные факторы, влияющие на производительность мельниц. Способы оценки производительности мельниц по готовому классу.

23. Классификация минералов по магнитным свойствам, классификация сепараторов, принцип действия, выбор, расч?т.

24. Основные технологические показатели шаровых мельниц, определения, . формулы расчёта. Задача.

25. Процессы самоизмельчения, основные закономерности процесса. Условия подготовки сырья к самоизмельчению. Куски критической крупности. Факторы, влияющие на процесс самоизмельчения. Выбор и расчёт мельниц самоизмельчения.

26. Фазы флотационной системы. Твёрдая фаза, гидрофильность и гидрофобность минеральной поверхности. Влияние состояния минеральной поверхности на адсорбцию реагентов.

27. Основные технологические показатели фаз обогащения, определения, формулы расч?та. Задача.

28. Влияние генезиса и вещественного состава на технологические свойства минералов и результаты флотационного обогащения.

29. Процессы обезвоживания и пылеулавливания, их значение и роль при обогащении минерального сырья. Методы обезвоживания руд и продуктов обогащения.

30. Основные технологические показатели процессов обезвоживания, определения, формулы расчёта. Задача.

31. Принципы и теоретические основы отсадки, циклы отсадки. Основные типы отсадочных машин, устройство, принцип работы.

32. Влага, виды влаги. Общая классификация материалов и методов обезвоживания продуктов обогащения. Аппараты.

33. Основные технологические показатели процессов обеспыливания, определения, формулы расчёта. Задача.

34. Гравитационные методы: обогащение в потоке воды, текущей по наклонной плоскости. Аппараты, устройство, принцип действия.

35. Характеристика сточных вод обогатительных фабрик. Виды загрязнений, их допустимые нормы в сточных водах. Классификация методов очистки сточных вод.

36. Основные технологические показатели сточных вод, определения, формулы расч?та. Задача.

37. Гравитационные методы: обогащение в тяжёлых средах. Основные типы сепараторов, устройство, принцип действия.

38. Флотационные машины. Классификация современных флотационных машин.

39. Основные технологические показатели, определения, формулы расчёта. Задача.

40. Флотационные реагенты, их назначение и классификация. Механизм действия и область применения.

41. Классификация. Теоретические основы процесса. Основные аппараты, устройство и принцип действия.

42._Основные технологические показатели аппаратов обогащения в тяжелых . суспензиях, определения, формулы расчёта. Задача.

43. Классификация полезных ископаемых, их химический и минералогический состав, текстурно-структурные характеристики.

44. Гидравлическая классификация. Седиментационный анализ. Закономерности классификации. Шкала и модуль гидравлической классификации. Классифицирующие устройства.

45. Основные технологические показатели седиментационного анализа, определения, формулы расчёта. Задача.

46. Цель и задачи обогащения полезных ископаемых. Классификация методов и процессов обогащения. Технологические схемы.

47. Теоретические основы гравитационных процессов. Свободное и стеснённое падение тел в среде, конечная скорость падения и её зависимость от различных факторов. Равнопадаемость, коэффициент равнопадаемости.

48. Основные технологические показатели гравитационных процессов, определения, формулы расчёта. Задача.

Краткие методические указания

Шкала оценки

Критерии оценивания устного ответа (*экзамен)*

Оценка 5 (35-40 баллов) - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка 4 (24-34 балла) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка 3 (10-23 балла) – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка 2 (0-9) балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

5.3 Вопросы к зачету (устная форма)

1. Чем вызвана необходимость определения среднего диаметра куска руды?
2. Каким размером определяется крупность зёрен при ситовом анализе?
3. Что можно определить с помощью ситевого анализа?
4. Как влияет увеличение угла захвата на производительность щековой дробилки и степень дробления?
5. В ч?м назначение операций грохочения?
6. Как можно определить эффективность грохочения по классу -2.5 +0 мм?
7. Почему щековые дробилки со сложным качанием подвижной щеки не применяют для крупного дробления твердых руд?
8. Чем характеризуется шкала сит?
9. По какому классу крупности контролируется крупность измельчения руды?
10. В какой зависимости находятся крупность питания, производительность мельниц и крупность измельчения?
11. Чему равно приращение готового класса крупности после измельчения в каждой серии опытов?
12. Что понимается под измельчаемостью руды?
13. Как влияет время нахождения руды в мельнице на трудность измельчения? Как это отражается на производительности мельницы?
14. Как зависит сила удара шаров от плотности пульпы?
15. Какая плотность пульпы (отношение Т:Ж или содержание твёрдого в пульпе) считается оптимальной для ведения процесса измельчения?
16. Какой объём занимает пульпа вместе с шарами в мельнице?
17. В каком скоростном режиме работает шаровая мельница?

18. Зависит ли ход деки стола от крупности обогащаемого материала?

19. Какие силы действуют на зерно тяжелого и лёгкого минералов на столе?

20. В чем назначение нарифлений?

21. Как влияет угол наклона деки стола на технологические показатели процесса?

22. Как влияет расход смывной воды на качество концентрата?

23. В чем достоинство и недостатки концентрационного стола перед другими гравитационными аппаратами?

24. В чём физическая сущность процесса отсадки?

25. Какое влияние оказывает сегрегация на процесс отсадки?

26.Чем отличаются концентраты первой и второй камер отсадочной машины?

27. Зависит ли ход диафрагмы и частота её колебаний от крупности обогащаемого материала?

28. Как сказывается недостаток и избыток подрешётной руды на технологических показателях процесса отсадки?

29. Какое влияние оказывает постель на процесс отсадки?

30. Действию каких сил подвергается частица минерала на винтовом сепараторе?

31. С какой целый подаётся смывная вода в желоб сепаратора?

32. Можно ли получить готовый концентрат на винтовом сепараторе после одного приёма концентрации?

33. Как влияют на процесс сепарации содержание глины и шламов в питании?

34. Существуют ли ограничения в крупности зёрен тяжелых и легких минералов, направляемых на разделение в винтовом сепараторе?

35. Какую роль играет продольная и поперечная циркуляции при обогащении на винтовом сепараторе?

36. Назовите преимущества винтового сепаратора перед другими гравитационными аппаратами.

37. Назовите основные промышленные минералы свинца и цинка, их физические свойства.

38. В чем суть схемы прямой селективной флотации? Назовите достоинства к недостатки этой схемы по сравнению с коллективно-селективной.

39. Какую роль при флотация играет ксантогенат и Т-80?

40. В ч?м назначение реагентов, подаваемых в мельницу?

41. При какой щелочности пульпы ведется свинцовая и цинковая флотации?

42. Какие реагенты используются для создания щелочной среды?

43. Какие факторы влияют на процесс флотации?

44. С какой целью в цинковую флотацию подаётся медный купорос?

45. Какие изменения следует внести в реагентный режим, если в руде, помимо сульфидов цинка и свинца, присутствуют и окисленные минералы?

46. Из чего состоит электромагнитная система индукционно-роликового сепаратора?

47. Чем достигается неоднородность магнитного поля в сепараторе?

48. Как влияет изменение силы тока, подаваемого в обмотку катушек сепаратора, на технологические показатели процесса?

49. В каких единицах измеряется напряжённость магнитного поля и магнитная восприимчивость?

50. С какой целью нагревается материал перед электрической сепарацией? Как влияет скорость вращения осадительного электрода на показатели процесса?

51. В каком поле проводится электрическая сепарация?

52. Почему коронирующий электрод выполняется в виде тонкой проволоки?

53. Что собой представляет коронный разряд? Когда возможно его возникновение?

54. Какова функция отклоняющего электрода?

55. Какие требования предъявляются к материалу, направляемому на электрическую сепарацию?

56. Почему в суспензиях различной плотности минеральные частицы оседают с разной скоростью?

57. Какие факторы и каким образом влияют на скорость осаждения частиц?

58. В чем назначение интенсификации процесса сгущения?

59. В результате действия каких сил происходит агрегирование минеральных частиц?

60. Почему не всякий электролит или полимер и не при любой концентрации даёт увеличение скорости осаждения частиц?

61. Что собой представляют явления коагуляции и флокуляции?

62. В чем состоит практическое использование полученных результатов?

63. Можно ли проводить несколько раз подряд сокращения, минуя операцию перемешивания материала?

64. Что называется средней или представительной пробой?

65. От каких параметров зависит минимальная масса пробы?

66. С какой целью проводятся минералогический и химический анализ руды?

67. До какой крупности следует измельчать пробу руды или продукты обогащения, направляемую на химический анализ?

68. Какой способ перемешивания и сокращения рекомендуется для тонкоизмельченного материала?

Краткие методические указания

Шкала оценки

Критерии оценивания устного ответа (*устный опрос)*

10-12 баллов - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

7-9 балла - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

4-6 балла – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

0-3 балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

5.4 Примеры заданий для выполнения практических работ

5.2 Примеры заданий к работам

Работа 1. Подготовительные процессы: дробление и грохочение.

Работа 2. Подготовительный процесс - измельчение в шаровой мельнице

Работа 3. Разделение смеси минералов на концентрационном столе

Работа 4. Разделение смеси минералов в диафрагмовой отсадочной машине

Работа 5. Разделение окиси минералов на винтовом сепараторе

Работа 6. Флотация сульфидной свинцово-цинковой руды

Работа 7. Разделение смеси минералов на магнитном индукционно-роликовом и коронно-электростатическом сепараторах

Работа 8. Изучение влияния различных факторов на скорость осаждения минеральных частиц

Работа 9. Составление схемы сокращения и разделка пробы руды для химического анализа

Краткие методические указания

Шкала оценки

Шкала оценки

Баллы	Описание
16–18	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Все работы выполнены на отличном профессиональном уровне. Студент выполняет работы в отведенный срок. Выполняет требуемые работы на занятиях, а также завершает работу самостоятельно. Проводит самостоятельный поиск дополнительных источников. Работает с основной и дополнительной литературой.
11–15	Обучающийся показал полное знание теоретического материала, умение самостоятельно выполнять работу, но допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя. Способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Студент выполняет работы на занятиях, а также завершает работу самостоятельно. Частично проводит самостоятельный поиск дополнительных источников. Работает с основной и дополнительной литературой.
6–10	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на недостаточном уровне, допускаются ошибки в выполнении работ, проявляется отсутствие отдельных знаний и умений. Допускает существенные ошибки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении работы, выполняет её при подсказке преподавателя. Владеет знанием основных разделов, необходимых для дальнейшего обучения, знаком с основной и рекомендованной литературой, рекомендованной программой. Студент не успевает выполнять работу в отведенный срок. Выполняет работы на занятиях, не завершает работу самостоятельно. Не проводит самостоятельный поиск дополнительных источников.
0–5	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков. Студент демонстрирует существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает грубые ошибки в основных понятиях и при выполнении работ. Студент неудовлетворительно выполняет работу. Выполняет не всю работу. Не работает самостоятельно.

КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

5.1 Ответы на тестовые задания

Ответы к тесту 1 «Технологические свойства минералов и минерального сырья»:

1. а
2. в
3. б
4. в
5. в
6. г
7. а
8. б
9. г
10. б
11. а2, б1, в4, г3
12. а2, б1, в3, г4
13. а3, б1, в2, г4
14. а1, б2, в4, г3

15. Опишите основные цели курса «Обогащение полезных ископаемых».

Ответ: Основная цель курса — сформировать у будущего горного инженера систематизированные знания о теоретических основах и практических методах повышения ценности минерального сырья. Задачи включают: изучение вещественного состава и технологических свойств руд, освоение принципов и процессов разделения минералов (гравитация, флотация, магнитная и электрическая сепарация и др.), умение анализировать и выбирать рациональные технологические схемы обогащения, а также оценивать их эффективность через ключевые технологические показатели (выход, извлечение, содержание). Курс закладывает фундамент для проектирования и управления работой обогатительных фабрик.

16. Объясните, что понимается под «обогатимостью» полезного ископаемого и от каких факторов она зависит.

Ответ: «Обогатимость» — это технологическая характеристика полезного ископаемого, отражающая потенциальную возможность и ожидаемую эффективность его разделения на концентраты и отходы с помощью существующих методов обогащения. Она не является постоянной величиной и зависит от комплекса геолого-минералогических факторов:

1. Минералогический состав: Наличие целевых минералов и минералов-спутников.
2. Структура руды: Размер зерен полезных минералов.
3. Характер срастания: Тип и теснота срастания полезных минералов с пустой породой (свободные, сростковые, тонковкрапленные зерна).
4. Физические и физико-химические свойства: Различия в плотности, магнитной восприимчивости, смачиваемости, электропроводности между ценными и пустыми минералами. Чем больше эти различия и чем более крупные и свободные зерна полезного минерала, тем выше обогатимость руды.

Ответы к тесту 2 «Подготовительные процессы»:

1. б
2. в
3. б
4. а
5. б
6. г
7. а
8. б
9. в
10. а2, б3, в1, г4
11. а1, б2, в4, г3
12. а1, б2, в3, г4

13. Перечислите основные факторы, влияющие на эффективность процесса грохочения.

Ответ: На эффективность грохочения влияет комплекс факторов, которые можно разделить на несколько групп:
Характеристики материала: влажность (высокая влажность приводит к слипанию и забиванию сит), гранулометрический состав (наличие "трудной" фракции, близкой к размеру отверстий сита), форма зерен (игольчатые и пластинчатые зерна просеиваются хуже округлых), насыпная плотность и абразивность.
Конструктивные и режимные параметры грохота: размер и форма отверстий сит, площадь просеивающей поверхности, угол наклона короба, амплитуда и частота колебаний (для вибрационных грохотов), длина грохота.
Эксплуатационные факторы: равномерность подачи питания, нагрузка на единицу площади сита (удельная производительность), состояние сит (износ, забивание отверстий).

14. Объясните принцип работы гидроциклона. Чем обусловлена его высокая эффективность в классификации тонкодисперсных материалов?

Ответ: Принцип работы гидроциклона основан на использовании центробежных сил, возникающих при тангенциальной подании пульпы (смеси измельченного материала с водой) в цилиндро-коническую камеру. Под действием центробежной силы более крупные и тяжелые частицы отбрасываются к стенкам аппарата и, сползая вниз по конусу, разгружаются через нижнее отверстие (песочный насадок) в виде сгущенного продукта (песков). Мелкие и легкие частицы остаются в центральном осевом потоке и выносятся вместе с водой (сливом) через верхний выход (сливная труба).

Высокая эффективность гидроциклона для тонких классов обусловлена именно действием центробежных сил, которые во много раз превышают силу тяжести. Это позволяет ускорять и интенсифицировать процесс разделения частиц, которые в поле гравитации в обычных отстойниках осаждались бы очень медленно.

15. В чём состоит принципиальное технологическое различие между операциями дробления и измельчения?
Ответ: Основное технологическое различие заключается в конечной крупности продукта и, соответственно, в применяемом оборудовании и затратах энергии.
Дробление — это стадия крупного, среднего и мелкого разрушения, целью которого является получение продукта с размером кусков преимущественно от 1200-300 мм до 10-25 мм. Для этого используют дробилки (щековые, конусные, валковые). Энергозатраты на дробление относительно ниже.

Измельчение — это следующая, более тонкая стадия, предназначенная для получения частиц размером менее 1-5 мм (часто до десятков и единиц микрометров). Её проводят в мельницах (шаровых, стержневых, самоизмельчения и др.). Измельчение — наиболее энергоёмкая операция во всей технологической цепи обогащения. Принципиально оно часто направлено не просто на уменьшение размера, а на раскрытие сростков полезных минералов с породой для их последующего разделения.

Ответы к тесту 3 «Основные обогатительные процессы»:

1. б
2. в
3. б
4. б
5. а
6. а
7. г
8. а
9. б
10. г
11. а4, б1, в3, г2
12. а3, б4, в1, г2
13. а4, б2, в3, г1
14. а2, б1, в4, г3
15. а3, б1, в4, г2

16. В чём заключается основной принцип гравитационных методов обогащения? Какие основные факторы определяют разделение минералов в этих процессах?

Ответ: Основной принцип гравитационного обогащения заключается в разделении минеральных частиц в поле гравитационных или центробежных сил за счет различий в их плотности, размере и форме. Разделение определяется соотношением сил, действующих на частицу: силы тяжести (или центробежной силы), выталкивающей силы среды (воды, воздуха, тяжелой суспензии) и силы сопротивления среды движению частицы. Ключевыми факторами являются: разница в плотности ценных и пустых минералов; крупность и форма частиц; плотность и вязкость разделительной среды.

17. Дайте классификацию полезных ископаемых по магнитным свойствам. Приведите примеры минералов для каждой группы.

Ответ: По магнитным свойствам полезные ископаемые и минералы делятся на три основные группы:

1. Сильномагнитные: Минералы, способные извлекаться сепараторами с напряженностью магнитного поля до 100-150 кА/м. Пример: магнетит (Fe_3O_4), пирротин ($Fe_{1-x}S$).

2. Слабомагнитные: Минералы, для извлечения которых требуются поля напряженностью от 150 до 1200 кА/м. Пример: гематит (Fe_2O_3), ильменит ($FeTiO_3$), марганцевые минералы.

3. Немагнитные: Минералы, практически не реагирующие на магнитное поле промышленных сепараторов. Пример: кварц (SiO_2), кальцит ($CaCO_3$), большинство сульфидов (кроме пирротина).

18. При каких условиях применение электрической сепарации является наиболее целесообразным?

Ответ: Электрическая сепарация наиболее целесообразна при следующих условиях:

1. Материал должен быть сухим и сыпучим (влажность обычно менее 1%), так как влага резко снижает эффективность разделения.

2. Минералы в руде должны существенно различаться по электрическим свойствам: проводимости (проводники/диэлектрики) или способности приобретать и удерживать заряд (трибоэлектрический эффект).

3. Руда должна быть предварительно раскрыта и классифицирована по узким классам крупности (обычно от 0.1 до 3-5 мм), так как разделение зависит от размера и формы частиц.

4. Метод часто применяется для доизвлечения ценных компонентов из шлиховых концентратов, для обогащения редкометалльных и горнохимических руд (например, циркона, рутила, алмазов).

19. Каков механизм действия реагентов-собирателей и пенообразователей во флотационном процессе?

Ответ: Механизм действия различен:

Собиратели (коллекторы): Это гетерополярные органические соединения (например, ксантогенаты, жирные кислоты). Их полярная (гидрофильная) группа химически или физически адсорбируется на поверхности ценного гидрофильного минерала. Неполярная (гидрофобная) углеводородная цепь обращена в воду, создавая на частице гидрофобную плёнку. Это позволяет частице прилипать к пузырьку воздуха.

Пенообразователи (пенообразователи): Это поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение воды на границе с воздухом. Их молекулы адсорбируются на поверхности пузырьков, стабилизируя их и препятствуя слиянию. Они создают устойчивую, но не слишком вязкую пену, способную выносить нагруженные минералом пузырьки в пеновый продукт (концентрат), не разрушаясь при транспортировке.

20. Что понимается под комбинированными методами обогащения и какова их цель? Приведите пример такой схемы.

Ответ:

Комбинированные методы обогащения — это технологические схемы, в которых последовательно или параллельно применяются два и более основных метода обогащения

(гравитационный, флотационный, магнитный, электрический и др.) для переработки одной и той же руды.

Цель: Максимально повысить комплексность и экономическую эффективность переработки сложных руд, когда ни один метод в отдельности не позволяет достичь высоких показателей по извлечению всех ценных компонентов или получения качественных концентратов.

Пример схемы: Переработка железной руды, содержащей магнетит (сильномагнитный) и гематит (слабомагнитный).

Первая стадия: Мокрая магнитная сепарация для извлечения магнетитового концентрата.

Вторая стадия: Гравитационное обогащение (например, на концентрационных столах или с использованием центробежных концентраторов) хвостов магнитной сепарации для получения гематитового концентрата.

Возможная третья стадия: Флотация окисленных кварцитов для доизвлечения железа или очистки концентрата от примесей.

Таким образом, комбинация методов позволяет извлечь полезные компоненты с разными физическими свойствами из одной руды.

Ответы к тесту 4 «Вспомогательные процессы»:

1. в
2. г
3. а
4. в
5. б
6. г
7. а2, б4, в3, г1
8. а2, б1, в3

9. Перечислите основные факторы, влияющие на эффективность процесса сгущения пульпы в радиальном сгустителе.

Ответ:На эффективность сгущения влияют: гранулометрический состав и плотность твердых частиц, химический состав и pH пульпы, наличие коагулянтов или флокулянтов, температура пульпы, гидравлическая нагрузка и высота слоя осадка в аппарате.

10. Какова основная цель процессов окускования (агломерации, окомкования, брикетирования) в металлургическом переделе?

Ответ:Основная цель — перевести мелкие и пылевидные руды и концентраты в кусковое состояние с заданными свойствами (прочностью, пористостью, составом) для обеспечения эффективной и экологичной загрузки в металлургические агрегаты (доменные печи, конвертеры), улучшения газодинамики процесса и повышения извлечения металла.

Ответы к тесту 5 «Обогатительные фабрики»:

1. в
2. а
3. б
4. г
5. в
6. б
7.б
8.б
9.б
7. а2, б4, в3, г1
8. а2, б1, в4, 3
9. а1, б4, в2, г3

10. Объясните, почему планировка цехов и отделений на промышленной площадке обогатительной фабрики должна соответствовать основному технологическому потоку.

Ответ: Планировка по ходу технологического потока (от сырья к концентрату) минимизирует расстояния транспортировки промежуточных продуктов, снижает энергозатраты на транспортировку, упрощает коммуникации (пульпопроводы, конвейеры), повышает общую эффективность и управляемость процессом, а также облегчает автоматизацию. Это ключевой принцип организации производства.

10. В чём состоит основная экологическая функция замкнутого цикла водоснабжения с хвостовым хозяйством?

Ответ: Основная функция — предотвращение сброса загрязненных промышленных стоков в окружающую среду. Замкнутый цикл позволяет многократно использовать осветленную воду из сгустителей и хвостохранилищ, минимизируя забор свежей воды и исключая попадание в водоемы токсичных реагентов, тонкодисперсных частиц и тяжелых металлов, содержащихся в хвостах.

11. Что такое «производственный риск» на обогатительной фабрике и какие меры относятся к основным методам защиты от него?

Ответ: Производственный риск — это вероятность причинения вреда здоровью работника или возникновения аварии в процессе труда. Основные методы защиты: 1) Инженерно-технические (ограждения, блокировки, системы вентиляции, сигнализации). 2) Организационные (инструктажи, допуски, режимы труда). 3) Средства индивидуальной защиты (СИЗ). 4) Административный контроль за соблюдением норм и правил.

5.3 Ответы для собеседования (устного опроса)

1. Чем вызвана необходимость определения среднего диаметра куска руды?

Средний диаметр куска характеризует крупность исходного питания и продуктов дробления/измельчения. Он необходим для расчёта производительности оборудования, выбора типа дробилок и мельниц, определения степени дробления и энергозатрат.

2. Каким размером определяется крупность зёрен при ситовом анализе?

Крупность зёрен определяется размером ячейки сита, через которое зерно проходит. Обычно указывается диаметр отверстия (для квадратных ячеек — сторона квадрата). Для несферических частиц крупность характеризуется размером наименьшего отверстия, через которое частица может пройти.

3. Что можно определить с помощью ситевого анализа?

Ситовой анализ позволяет:

- построить гранулометрическую характеристику (ситовый состав) материала;
- определить выход отдельных классов крупности;
- оценить эффективность грохочения, дробления, измельчения;
- контролировать качество продуктов обогащения.

4. Как влияет увеличение угла захвата на производительность щековой дробилки и степень дробления?

Угол захвата (между щеками) обычно составляет 18–22°. При его увеличении:

- производительность падает, так как уменьшается объём разгрузочной щели и затрудняется захват кусков;
- степень дробления снижается, поскольку материал хуже заклинивается между щеками.
  Оптимальный угол обеспечивает равновесие между захватом и производительностью.

5. В чѐм назначение операций грохочения?

Грохочение служит для разделения материала по крупности. Основные цели:

- выделение готового по крупности продукта;

- разделение на классы перед последующими операциями (дроблением, измельчением, обогащением);
- защита оборудования от попадания некондиционных кусков.

6. Как можно определить эффективность грохочения по классу -2.5 +0 мм?

Эффективность грохочения по нижнему (мелкому) классу рассчитывается как отношение массы мелкого класса, перешедшего в подрешётный продукт, к общей массе этого класса в исходном питании. Формула:

$$E = \frac{\beta_{\text{подр}} \cdot \gamma_{\text{подр}}}{\alpha_{\text{исх}}} \cdot 100\%$$

где $\beta_{\text{подр}}$ – содержание класса в подрешётном продукте, $\gamma_{\text{подр}}$ – выход подрешётного продукта, $\alpha_{\text{исх}}$ – содержание класса в исходном.

7. Почему щековые дробилки со сложным качанием подвижной щеки не применяют для крупного дробления твердых руд?

В дробилках со сложным качанием подвижная щека совершает эллиптические движения, что обеспечивает высокую производительность на среднем и мелком дроблении, но при крупном дроблении возникают большие нагрузки на эксцентриковый вал и подшипники, снижается надёжность. Для твёрдых руд предпочтительны дробилки с простым качанием, которые обеспечивают более мощное дробящее усилие.

8. Чем характеризуется шкала сит?

Шкала сит — это стандартизованный ряд размеров ячеек (модулей) сит, используемых для ситового анализа. В России применяется шкала на основе модуля

9. По какому классу крупности контролируется крупность измельчения руды?

Контроль крупности измельчения обычно ведётся по содержанию наиболее важного технологического класса, например, класса –0,074 мм (–200 меш) для большинства руд цветных металлов. Для конкретного процесса может выбираться другой класс (например, –0,044 мм для тонкого измельчения).

10. В какой зависимости находятся крупность питания, производительность мельниц и крупность измельчения?

При увеличении крупности питания производительность мельницы по исходному материалу снижается, а при увеличении требуемой тонкости измельчения (снижении крупности слива) производительность также падает. Зависимость обратно пропорциональная: чем мельче требуется размолоть, тем больше времени пребывания материала в мельнице и ниже пропускная способность.

11. Чему равно приращение готового класса крупности после измельчения в каждой серии опытов?

Приращение готового класса (например, класса –0,074 мм) определяется как разность между содержанием этого класса в продукте измельчения и в исходном питании за определённое время. В каждой серии опытов приращение пропорционально времени измельчения (в зоне линейного участка кинетики).

12. Что понимается под измельчаемостью руды?

Измельчаемость — это свойство руды сопротивляться разрушению при измельчении. Она характеризуется удельным расходом энергии на образование новой поверхности или на единицу массы при получении заданной крупности. Часто определяется по методикам (например, по индексу работы Бонда).

13. Как влияет время нахождения руды в мельнице на трудность измельчения? Как это отражается на производительности мельницы?

С увеличением времени пребывания материал становится тоньше, что увеличивает удельную поверхность и затрудняет дальнейшее измельчение (трудность растёт). Производительность мельницы по готовому классу сначала растёт, затем стабилизируется, а при переизмельчении может снижаться из-за увеличения доли шламов и снижения эффективности.

14. Как зависит сила удара шаров от плотности пульпы?

Плотность пульпы влияет на вязкость и эффективность передачи энергии. При оптимальной плотности (75–80% твёрдого) шары поднимаются на максимальную высоту и наносят наиболее эффективный удар. Слишком жидкая пульпа снижает силу удара из-за демпфирования, слишком густая — ухудшает движение шаров и брони.

15. Какая плотность пульпы (отношение Т:Ж или содержание твёрдого в пульпе) считается оптимальной для ведения процесса измельчения?

Оптимальное содержание твёрдого в мельницах обычно составляет 75–80% (Т:Ж ≈ 3:1 – 4:1) для стержневых и 70–75% для шаровых. Значение зависит от типа мельницы, крупности питания и требуемой тонкости измельчения, а также от флотационных свойств (если измельчение ведётся в замкнутом цикле).

16. Какой объём занимает пульпа вместе с шарами в мельнице?

Объём загрузки мельницы (шары + пульпа) обычно составляет 40–45% от общего объёма барабана. При этом шары занимают 35–40% объёма мельницы, а межшаровое пространство заполнено пульпой примерно на 70–90% от свободного объёма.

17. В каком скоростном режиме работает шаровая мельница?

Шаровая мельница обычно работает в **каскадном** (при 50–60% от критической скорости) или **водопадном** (при 70–85%) режиме. Оптимальный режим — водопадный, при котором шары поднимаются на максимальную высоту и падают, обеспечивая ударное и истирающее действие. Критическая скорость — это скорость, при которой шары прижимаются к стенке центробежной силой и не падают.

18. Зависит ли ход деки стола от крупности обогащаемого материала?

Да, ход деки (амплитуда колебаний) подбирается в зависимости от крупности. Для крупного материала требуется больший ход, чтобы обеспечить достаточную

транспортирующую способность; для мелкого — меньший, чтобы не нарушать стратификацию.

19. Какие силы действуют на зерно тяжелого и лёгкого минералов на столе?

На зерно действуют:

- сила тяжести,
- сила трения о деку,
- гидродинамическое давление смывной воды,
- инерционные силы от колебаний деки,
- центробежная сила (на криволинейных участках).
  Тяжёлые минералы лучше преодолевают смывную воду и перемещаются вдоль деки в сторону концентрата, лёгкие сносятся поперечными струями в хвосты.

20. В чем назначение нарифлений?

Нарифления (рифли) на деке стола создают неровности, которые способствуют удержанию тяжёлых частиц и направленному движению материала, усиливают турбулизацию потока, что улучшает разделение по плотности.

21. Как влияет угол наклона деки стола на технологические показатели процесса?

Увеличение поперечного уклона деки ускоряет движение пульпы, снижает время разделения и может ухудшить извлечение тяжёлых фракций. Уменьшение уклона замедляет поток, улучшает качество концентрата, но снижает производительность. Оптимальный угол подбирается экспериментально.

22. Как влияет расход смывной воды на качество концентрата?

При увеличении расхода смывной воды усиливается отмывка лёгких минералов, что повышает качество концентрата (содержание ценного компонента), но снижает извлечение, так как часть мелких тяжёлых частиц может смываться. При недостатке воды концентрат загрязняется.

23. В чем достоинство и недостатки концентрационного стола перед другими гравитационными аппаратами?

Достоинства: высокая селективность разделения материалов с близкой плотностью, возможность получения нескольких продуктов (концентрат, промпродукты, хвосты), визуальный контроль, работа в широком диапазоне крупности.
Недостатки: малая производительность на единицу площади, чувствительность к колебаниям режима, необходимость тонкой настройки.

24. В чём физическая сущность процесса отсадки?

Отсадка основана на разделении частиц под действием переменного восходящего и нисходящего потока жидкости (воды). В результате пульсаций материал периодически взвешивается, происходит сегрегация по плотности: тяжёлые частицы концентрируются в нижних слоях, лёгкие — в верхних, после чего слои разгружаются.

25. Какое влияние оказывает сегрегация на процесс отсадки?

Сегрегация (расслоение по плотности) — основной механизм отсадки. Благодаря ей тяжёлые минералы опускаются вниз, образуют постель, а лёгкие выносятся в слив. Эффективность сегрегации зависит от амплитуды и частоты пульсаций, крупности и плотности частиц.

26.Чем отличаются концентраты первой и второй камер отсадочной машины?

Концентрат первой камеры (ближе к загрузке) обычно более богатый, так как здесь происходит первичное расслоение крупного и тяжёлого материала. Концентрат второй камеры содержит более мелкие и менее плотные частицы, его качество может быть ниже.

27. Зависит ли ход диафрагмы и частота её колебаний от крупности обогащаемого материала?

Да. Для крупного материала требуется больший ход и меньшая частота пульсаций, чтобы обеспечить достаточное взвешивание. Для мелкого — меньший ход и более высокая частота, чтобы избежать размыва постели.

28. Как сказывается недостаток и избыток подрешётной руды на технологических показателях процесса отсадки?

Подрешётная руда — это слой материала, проходящий через решето и служащий постелью. При её недостатке постель становится рыхлой, нарушается сегрегация, извлечение падает. При избытке постель уплотняется, ухудшается проходимость, снижается качество концентрата.

29. Какое влияние оказывает постель на процесс отсадки?

Постель (тяжёлый материал на решете) играет роль фильтра, способствует удержанию тяжёлых частиц, стабилизирует гидродинамику. Правильно подобранная постель (по плотности, крупности) повышает селективность разделения.

30. Действию каких сил подвергается частица минерала на винтовом сепараторе?

На частицу действуют:

- сила тяжести (составляющая вдоль желоба и поперечная),
- центробежная сила (на закруглениях),
- гидродинамическая сила потока воды,
- сила трения о дно и борта.
  В результате траектории тяжёлых и лёгких частиц расходятся.

31. С какой целый подаётся смывная вода в желоб сепаратора?

Смывная вода (обычно подаётся в верхней части желоба) создаёт дополнительный поперечный поток, который способствует выносу лёгких частиц во внешнюю зону, а тяжёлые прижимаются ко дну и движутся по внутренней спирали.

32. Можно ли получить готовый концентрат на винтовом сепараторе после одного приёма концентрации?

Чаще всего за один проход получают черновой концентрат, который затем доводится на других аппаратах (столах, магнитных сепараторах и т.д.). Однако для некоторых руд с высокой контрастностью разделения можно получить и готовый концентрат.

33. Как влияют на процесс сепарации содержание глины и шламов в питании?

Глина и шламы увеличивают вязкость пульпы, обволакивают зёрна, снижают эффективность разделения. Это приводит к потерям ценных компонентов в хвосты и загрязнению концентрата. Перед винтовой сепарацией часто требуется обесшламливание.

34. Существуют ли ограничения в крупности зёрен тяжелых и легких минералов, направляемых на разделение в винтовом сепараторе?

Да. Верхний предел крупности обычно 2–3 мм (для тяжёлых частиц) и 3–5 мм (для лёгких); нижний — около 0,1 мм. При крупности менее 0,05 мм эффективность резко падает из-за влияния поверхностных сил и турбулентности.

35. Какую роль играет продольная и поперечная циркуляции при обогащении на винтовом сепараторе?

Продольная циркуляция (вдоль желоба) транспортирует материал к разгрузке. Поперечная циркуляция (вихревая) перераспределяет частицы по сечению: тяжёлые смещаются к внутреннему борту, лёгкие — к внешнему. Совместное действие циркуляций обеспечивает разделение.

36. Назовите преимущества винтового сепаратора перед другими гравитационными аппаратами.

- Простота конструкции, отсутствие движущихся частей;
- низкий расход воды;
- высокая производительность при малых габаритах;
- возможность обогащения в широком диапазоне крупности;
- низкие эксплуатационные затраты.

37. Назовите основные промышленные минералы свинца и цинка, их физические свойства.

Свинец:

- галенит (PbS) — плотность 7,4–7,6 г/см³, цвет свинцово-серый, спайность совершенная.
  Цинк:
- сфалерит (ZnS) — плотность 3,9–4,2 г/см³, цвет от жёлтого до чёрного (марматит), спайность совершенная;
- смитсонит ($ZnCO_3$) — плотность 4,3–4,5, гемиморфит ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$) и др.

38. В чем суть схемы прямой селективной флотации? Назовите достоинства к недостатки этой схемы по сравнению с коллективно-селективной.

Прямая селективная флотация — последовательное выделение минералов в отдельных циклах (сначала свинцовый концентрат, затем цинковый) без предварительного получения коллективного концентрата.
Достоинства: меньше реагентов, возможность более жёсткого режима для каждого минерала.
Недостатки: сложность управления из-за взаимного влияния реагентов, повышенные потери ценных компонентов в хвосты при плохой селективности.

39. Какую роль при флотация играет ксантогенат и Т-80?

- **Ксантогенат** (например, бутиловый ксантогенат калия) — собиратель для сульфидных минералов (галенита, сфалерита). Хемосорбируется на поверхности минералов, придавая им гидрофобность.
- **Т-80** (триэтоксибутан) — вспениватель, снижает поверхностное натяжение, способствует образованию устойчивой пены и диспергированию пузырьков воздуха.

40. В чѐм назначение реагентов, подаваемых в мельницу?

Реагенты, подаваемые в мельницу (обычно собиратели, депрессоры, регуляторы среды), вводятся для:

- активации или депрессии минералов в процессе измельчения;
- лучшего контакта реагентов со свежеобразованной поверхностью;
- сокращения времени флотации и улучшения селективности.

41. При какой щелочности пульпы ведется свинцовая и цинковая флотации?

- Свинцовая флотация обычно ведётся при pH = 8–9 (слабощелочная среда), достигается содой или известью.
- Цинковая флотация — при pH = 10–12 (сильнощелочная среда), создаётся известью для депрессии пирита и активации сфалерита медным купоросом.

42. Какие реагенты используются для создания щелочной среды?

- Известь (CaO или $Ca(OH)_2$);
- кальцинированная сода (Na_2CO_3);
- реже едкий натр ($NaOH$).

43. Какие факторы влияют на процесс флотации?

- Крупность материала;
- состав и концентрация реагентов (собиратели, вспениватели, регуляторы);

- pH пульпы;
- температура;
- аэрация и перемешивание;
- плотность пульпы;
- наличие шламов и растворимых солей;
- минералогический состав.

44. С какой целью в цинковую флотацию подаётся медный купорос?

Медный купорос ($CuSO_4$) — активатор сфалерита. Ионы меди замещают ионы цинка на поверхности минерала, образуя плёнку сульфида меди, которая хорошо взаимодействует с ксантогенатом, что делает сфалерит флотируемым.

45. Какие изменения следует внести в реагентный режим, если в руде, помимо сульфидов цинка и свинца, присутствуют и окисленные минералы?

Необходимо:

- использовать собиратели для окисленных минералов (сульфгидрильные, жирные кислоты, амины);
- применять сульфидизацию (например, Na_2S) для перевода окисленных минералов в искусственные сульфиды;
- корректировать pH для избирательной флотации;
- возможно, вводить дополнительные депрессоры для подавления сульфидов при флотации окисленных.

46. Из чего состоит электромагнитная система индукционно-роликового сепаратора?

Электромагнитная система индукционно-роликового сепаратора (например, типа ИРС) включает:

- электромагнитные катушки (обмотки возбуждения);
- магнитопровод (полюсные наконечники);
- вращающийся ролик (немагнитный или с магнитной системой внутри);
- регулируемые зазоры для изменения напряжённости поля.

47. Чем достигается неоднородность магнитного поля в сепараторе?

Неоднородность создаётся конструкцией полюсных наконечников (зубчатые, игольчатые) или использованием роликов и эксцентрично расположенных полюсов. Высокая неоднородность (градиент поля) необходима для извлечения слабомагнитных минералов.

48. Как влияет изменение силы тока, подаваемого в обмотку катушек сепаратора, на технологические показатели процесса?

Увеличение силы тока повышает напряжённость магнитного поля, что увеличивает извлечение слабомагнитных частиц, но может ухудшить качество концентрата за счёт захвата немагнитных включений. Снижение тока уменьшает извлечение, но повышает селективность.

49. В каких единицах измеряется напряжённость магнитного поля и магнитная

восприимчивость?

- Напряжённость магнитного поля H — в амперах на метр (А/м) или эрстедах (Э) (1 Э = 79,6 А/м).
- Магнитная восприимчивость χ — безразмерная величина (в системе СИ — в м³/кг иногда, но чаще безразмерная).

50. С какой целью нагревается материал перед электрической сепарацией? Как влияет скорость вращения осадительного электрода на показатели процесса?

Нагрев перед электрической сепарацией снижает влажность материала и может изменять электропроводность минералов, а также способствует десорбции поверхностных слоёв, что повышает эффективность разделения.
Увеличение скорости вращения осадительного электрода повышает производительность, но сокращает время взаимодействия частиц с полем, что может снизить качество разделения.

51. В каком поле проводится электрическая сепарация?

Электрическая сепарация проводится в **электростатическом** (однородное поле) или **коронном** (неоднородное поле) поле, а также в комбинированных полях (коронно-электростатических).

52. Почему коронирующий электрод выполняется в виде тонкой проволоки?

Тонкая проволока создаёт высокую напряжённость электрического поля на своей поверхности (за счёт малого радиуса кривизны), что необходимо для возникновения коронного разряда и ионизации воздуха.

53. Что собой представляет коронный разряд? Когда возможно его возникновение?

Коронный разряд — самостоятельный газовый разряд, возникающий при высокой напряжённости поля у электрода с малым радиусом кривизны. Возникает при напряжении выше критического значения (порога короны) в неравномерных полях.

54. Какова функция отклоняющего электрода?

Отклоняющий электрод (обычно статический) создаёт электростатическое поле, которое изменяет траекторию заряженных частиц, разделяя проводящие и непроводящие минералы.

55. Какие требования предъявляются к материалу, направляемому на электрическую сепарацию?

- Содержание влаги не более 0,5–1% (для эффективной зарядки);
- узкий класс крупности (обычно 0,1–2 мм);
- отсутствие пыли и агломератов;
- предварительная подготовка поверхности (нагрев, обработка реагентами).

56. Почему в суспензиях различной плотности минеральные частицы оседают с разной скоростью?

Скорость осаждения определяется законом Стокса (для ламинарного режима) или более сложными зависимостями для турбулентного. Основные факторы: плотность и размер частиц, вязкость и плотность жидкости. Частицы с большей плотностью и размером оседают быстрее.

57. Какие факторы и каким образом влияют на скорость осаждения частиц?

- **Размер частиц**: чем крупнее, тем выше скорость (прямая зависимость).
- **Плотность частиц**: при большей плотности скорость выше.
- **Плотность и вязкость жидкости**: увеличение этих параметров снижает скорость осаждения.
- **Форма частиц**: изометричные оседают быстрее, чем пластинчатые.
- **Концентрация суспензии**: при высокой концентрации происходит стеснённое осаждение, скорость снижается.

58. В чем назначение интенсификации процесса сгущения?

Интенсификация сгущения (флокуляция, коагуляция) направлена на ускорение осаждения твёрдой фазы, увеличение производительности сгустителей, повышение плотности слива и улучшение качества оборотной воды.

59. В результате действия каких сил происходит агрегирование минеральных частиц?

Агрегирование происходит под действием:

- молекулярных сил Ван-дер-Ваальса;
- электростатических сил (при снижении дзета-потенциала);
- мостикообразования полимерами (флокуляция);
- капиллярных сил (при частичном обезвоживании).

60. Почему не всякий электролит или полимер и не при любой концентрации даёт увеличение скорости осаждения частиц?

Для коагуляции необходима определённая концентрация электролита (порог коагуляции), при которой дзета-потенциал снижается до критического значения. При слишком низкой концентрации агрегация не происходит, при слишком высокой может произойти

перезарядка и пептизация (стабилизация). Полимеры эффективны только при оптимальной дозировке, иначе они могут стабилизировать суспензию.

61. Что собой представляют явления коагуляции и флокуляции?

- **Коагуляция** — объединение частиц под действием электролитов в компактные агрегаты за счёт снижения электростатического отталкивания.
- **Флокуляция** — образование рыхлых хлопьевидных агрегатов под действием высокомолекулярных соединений (флокулянтов), которые связывают частицы мостиковым механизмом.

62. В чем состоит практическое использование полученных результатов?

Результаты исследований процессов коагуляции и флокуляции используются для:

- выбора реагентного режима сгущения;
- расчёта и подбора сгустителей;
- повышения скорости осаждения и эффективности обезвоживания;
- улучшения качества воды, возвращаемой в цикл.

63. Можно ли проводить несколько раз подряд сокращения, минуя операцию перемешивания материала?

Нет. При сокращении пробы каждое последующее сокращение без предварительного перемешивания приводит к потере представительности, так как распределение частиц в пробе становится неравномерным.

64. Что называется средней или представительной пробой?

Средняя (представительная) проба — это часть материала, состав и свойства которой соответствуют среднему составу всей партии (генеральной совокупности) с заданной точностью.

65. От каких параметров зависит минимальная масса пробы?

66. С какой целью проводятся минералогический и химический анализ руды?

Минимальная масса пробы зависит от:

- крупности частиц (чем крупнее, тем больше масса);
- неоднородности материала;
- требуемой точности анализа;
- соотношения содержаний ценных компонентов.

Обычно используют формулу Ричардса-Чечотта: $m = k \cdot d^2$, где d — максимальный размер частиц, k — коэффициент, зависящий от свойств руды.

67. До какой крупности следует измельчать пробу руды или продукты обогащения, направляемую на химический анализ?

Проба измельчается до крупности, обеспечивающей полное раскрытие анализируемых минералов и гомогенность. Обычно это 0,074 мм (–200 меш) для большинства химических анализов, а для пробирного анализа — до 0,1–0,2 мм.

68. Какой способ перемешивания и сокращения рекомендуется для тонкоизмельченного материала?

Для тонкоизмельченного материала (пылевидного) рекомендуется:

- перемешивание вручную на клеёнке методом «кольца и конуса» или с помощью механических смесителей;
- сокращение — квартованием, с использованием желобчатого делителя или путем многократного пропускания через делитель Джонса.

Ответы на вопросы к экзамену:

1. Процессы рудоподготовки. Назначение операций дробления материала перед обогащением. Основные способы и законы дробления.

Рудоподготовка — совокупность операций, обеспечивающих раскрытие зёрен полезных минералов и подготовку материала к обогащению (дробление, измельчение, грохочение, классификация).

Назначение дробления:

- уменьшение размера кусков до крупности, при которой полезные минералы частично раскрыты;
- подготовка питания для измельчения и обогащения.

Способы дробления:

- раздавливание;
- раскалывание;
- истирание;
- удар.

Законы дробления (энергозатраты):

- **Кирпичёва–Кика**: работа пропорциональна объёму (или массе) дробимого куска;
- **Риттингера**: работа пропорциональна вновь образованной поверхности;
- **Бонда**: работа пропорциональна среднему геометрическому между объёмом и поверхностью (используется в промышленных расчётах).

2. Модификаторы процесса флотации, их назначение и применение на практике.

Модификаторы — реагенты, регулирующие избирательность флотации. Делятся на:

- **Активаторы** — усиливают взаимодействие собирателя с поверхностью минерала ($CuSO_4$ для сфалерита).
- **Депрессоры** — подавляют флотацию нежелательных минералов (известь для пирита, цианиды для сульфидов железа).
- **Регуляторы pH** — создают оптимальную среду (известь, сода, серная кислота).
- **Диспергаторы** — предотвращают слипание частиц (жидкое стекло).

Применение: подбор реагентного режима под конкретную руду для повышения селективности.

3. Основные технологические показатели процесса флотации, определения, формулы расчѐта. Задача.

Основные показатели:

- **Извлечение** $\varepsilon = \frac{C \cdot \gamma}{\alpha} \cdot 100\%$, где C – содержание в концентрате, γ – выход концентрата, α – содержание в исходном.
- **Выход концентрата** $\gamma = \frac{\alpha - \vartheta}{C - \vartheta} \cdot 100\%$ (где ϑ – содержание в хвостах).
- **Степень обогащения** $K = \frac{C}{\alpha}$.
- **Селективность** (разность извлечений).

Задача: например, по данным содержаний и выходам рассчитать извлечение.

4. Грохочение. Назначение операции грохочение. Виды грохочения. Эффективность грохочения.

Назначение – разделение материала по крупности на просеивающих поверхностях.

Виды:

- предварительное (перед дроблением);
- поверочное (контроль крупности продукта);
- вспомогательное (перед обогащением).

Эффективность грохочения $E = \frac{\beta \cdot \gamma}{\alpha} \cdot 100\%$ – отношение массы подрешётного продукта к массе данного класса в питании.

5. Физические основы электрического метода обогащения. Электрические свойства минералов, их классификация. Силы, действующие при разделении минералов в электрополях.

Метод основан на различии в электропроводности, диэлектрической проницаемости и трибоэлектрических свойствах.

Классификация:

- проводники (металлы, графит);
- полупроводники (сульфиды);
- непроводники (кварц, силикаты).

Силы:

- кулоновская;
- зеркального отражения;
- диэлектрофоретическая;
- гравитационная;
- центробежная.

6. Основные технологические показатели электрического метода обогащения, определения, формулы расчѐта. Задача.

Показатели аналогичны общим: извлечение, выход, степень обогащения, содержание. Для электрической сепарации дополнительно могут оцениваться:

- напряжённость поля E;
- степень зарядки частиц.

Задача: по данным о содержании проводящей фракции в продуктах рассчитать эффективность разделения.

7. Основные типы дробильных аппаратов. Устройство и принцип их работы.

- **Щековые дробилки** – раздавливание между подвижной и неподвижной щеками.

- **Конусные дробилки** – раздавливание и изгиб в кольцевом пространстве между неподвижным и подвижным конусами.
- **Валковые дробилки** – раздавливание между валками.
- **Роторные и молотковые дробилки** – удар билами о куски.

8. Классификация минералов по флотируемости. Связь вещественного состава руд с особенностью схем и режимов флотации.

По флотируемости выделяют:

- легкофлотируемые (сульфиды меди, свинца);
- среднефлотируемые (сфалерит, пирит);
- труднофлотируемые (оксиды, силикаты).

Вещественный состав (минеральные ассоциации, степень вкрапленности, наличие шламов) определяет выбор реагентов, схемы (прямая, коллективно-селективная), число перечисток.

9. Основные технологические показатели флотируемости минералов, определения, формулы расчёта. Задача.

Флотируемость часто оценивается **скоростью флотации** k (константа в уравнении кинетики), а также **извлечением за время t**. Расчёт извлечения – по формуле предыдущих показателей. *Задача*: определить извлечение и скорость флотации по данным опыта.

10. Аппараты для грохочения. Классификация грохотов и область их применения. Характеристика просеивающих поверхностей. Понятие «живого сечения» грохота.

Грохоты:

- неподвижные (колосниковые);
- барабанные (вращающиеся);
- вибрационные (инерционные, самобалансные);
- гирационные.

Просеивающие поверхности: колосники, листовые решета, резиновые и полиуретановые сита, проволочные сетки.

Живое сечение – отношение суммарной площади отверстий к общей площади сита (%). Чем выше, тем выше производительность, но ниже прочность.

11. Принципиальные схемы флотационного обогащения. Классификация операций флотации. Стадиальные и комбинированные схемы обогащения.

Схемы: прямая селективная, коллективно-селективная, с перечистками, с промпродуктами.

Операции: основная, перечистная, контрольная.

Стадиальные схемы – разделение на несколько стадий (например, грубая и доочистка).

Комбинированные – сочетание флотации с гравитацией, магнитной сепарацией.

12. Основные технологические показатели схем флотации, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: суммарное извлечение, выход концентрата, качество концентрата и хвостов. Расчёт для многопродуктовой схемы ведётся по балансовым уравнениям. *Задача*: по данным опробования рассчитать извлечение в конечный концентрат.

13. Измельчение, назначение операций в схеме рудоподготовки. Основные типы мельниц, их конструкции и принцип действия: а) в зависимости от типа измельчающей среды; б) от способа разгрузки измельчённого продукта и др.

Назначение – окончательное раскрытие зёрен до крупности, пригодной для обогащения.

Типы мельниц:

- По среде: шаровые, стержневые, галечные, самоизмельчения (рудногалечные).
- По разгрузке: с центральной разгрузкой (сливные), с разгрузкой через решётку (решетчатые), с периферийной разгрузкой.

Принцип действия: вращение барабана, подъём мелющих тел и их падение, истирание и удар.

14. Флотационные реагенты, их назначение и применение на практике.

Классы:

- **Собиратели** (ксантогенаты, дитиофосфаты, амины) – придают гидрофобность.
- **Вспениватели** (Т-80, сосновое масло) – создают пену.
- **Модификаторы** (активаторы, депрессоры, регуляторы pH, диспергаторы).

Применение зависит от типа руды и требуемой селективности.

15. Основные технологические показатели применяемых реагентов, определения, формулы расчѐта. Задача.

Показатели: **расход реагента** (г/т), **оптимальная дозировка**, **селективность действия**, **влияние на извлечение**. Задача может заключаться в определении оптимального расхода по экспериментальным данным.

16. Физические основы магнитного метода обогащения. Характеристика магнитного поля. Магнитные свойства веществ.

Метод основан на различии в магнитной восприимчивости χ. **Магнитные свойства**: диамагнетики ($\chi < 0$), парамагнетики ($\chi > 0$), ферромагнетики ($\chi \gg 0$), ферримагнетики.

Характеристики поля: напряжённость H (А/м), индукция B (Тл), градиент поля. Разделение возможно в неоднородном поле, где сила $F = \mu_0 \chi V H \frac{dH}{dx}$.

17. Гранулометрический состав, способы определения. Характеристики крупности.

Гранулометрический состав – распределение частиц по классам крупности.

Способы определения:

- ситовой анализ (для крупных);
- седиментационный (для мелких);
- микроскопический;
- лазерная дифракция.

Характеристики: средний диаметр, модуль крупности, содержание класса (например, –0,074 мм).

18. Основные технологические показатели магнитного метода обогащения, определения, формулы расчѐта. Задача.

Показатели: извлечение магнитной фракции, выход концентрата, степень обогащения, магнитная восприимчивость разделяемых продуктов. *Задача*: рассчитать извлечение железа в магнитный концентрат по данным содержаний и выходов.

19. Физические основы радиометрического метода обогащения. Рентгенорадиометрическое и фотометрическое обогащение. Устройство и принцип действия сепараторов. Практика применения на обогатительной фабрике цветных и редких металлов.

Физические основы: облучение кусков руды и регистрация характеристического излучения (рентгенорадиометрический метод) или отражённого света (фотометрический).

Сепараторы: используют детекторы (сцинтилляционные, полупроводниковые) и исполнительные механизмы (пневмоударники, шиберы) для разделения кусков по сигналу.

Применение: обогащение алмазов, руд цветных, редких металлов, известняка.

20. Основные понятия и задачи процесса грохочения. Механизм процесса грохочения. Эффективность грохочения, расчёт. Основные факторы, влияющие на эффективность грохочения.

Задачи: классификация по крупности, выделение готового класса, защита оборудования.

Механизм: прохождение частиц через отверстия под действием силы тяжести и вибрации; вероятность просеивания зависит от размера частицы, формы, влажности, скорости движения.

Эффективность $E = \frac{\beta \cdot \gamma}{\alpha} \cdot 100\%$.

Факторы: влажность, форма частиц, угол наклона, амплитуда и частота колебаний, живое сечение, длина грохота.

21. Основные технологические показатели радиометрического метода обогащения, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: извлечение, выход концентрата, содержание в продуктах, доля отобранных кусков. *Задача*: по данным о числе кусков и их содержаниях определить извлечение ценного компонента.

22. Характеристика и принцип работы шаровых мельниц. Основные факторы, влияющие на производительность мельниц. Способы оценки производительности мельниц по готовому классу.

Шаровая мельница: вращающийся барабан с шарами; материал измельчается ударом и истиранием.

Факторы производительности: крупность питания, тонкость помола, частота вращения, загрузка шарами, плотность пульпы, конструкция футеровки.

Оценка: удельная производительность по готовому классу (т/(м³·ч)), коэффициент использования объёма.

23. Классификация минералов по магнитным свойствам, классификация сепараторов, принцип действия, выбор, расчѐт.

Классификация минералов:

- сильно магнитные (магнетит);
- слабомагнитные (гематит, лимонит);
- немагнитные (кварц, полевые шпаты).

Сепараторы:

- с постоянными магнитами (барабанные для сильномагнитных);
- электромагнитные (валковые, роторные для слабомагнитных);
- высокоградиентные.

Выбор по магнитной восприимчивости, крупности, производительности. **Расчёт** – определение напряжённости поля, производительности.

24. Основные технологические показатели шаровых мельниц, определения, . формулы расчёта. Задача.

Показатели:

- производительность по исходному Q (т/ч);
- удельная производительность по готовому классу $q = \frac{Q(\beta-\alpha)}{V}$ (т/(м³·ч));
- коэффициент загрузки шарами φ;
- энергозатраты (кВт·ч/т).

Задача: рассчитать удельную производительность по классу –0,074 мм по данным расхода руды и приросту содержания.

25. Процессы самоизмельчения, основные закономерности процесса. Условия подготовки сырья к самоизмельчению. Куски критической крупности. Факторы, влияющие на процесс самоизмельчения. Выбор и расчёт мельниц самоизмельчения.

Самоизмельчение – измельчение крупных кусков руды под действием ударов и истирания самими кусками (без мелющих тел).

Условия: наличие кусков «критической» крупности (размер, при котором они не разрушаются эффективно), необходимость предварительной классификации и возврата крупных фракций.

Факторы: прочность руды, скорость вращения, загрузка, наличие рудной постели.

Выбор мельниц – по индексу работы, крупности питания, требуемой тонине помола; расчёт производительности ведётся по экспериментальным данным.

26. Фазы флотационной системы. Твёрдая фаза, гидрофильность и гидрофобность минеральной поверхности. Влияние состояния минеральной поверхности на адсорбцию реагентов.

Фазы: твёрдая (минеральные частицы), жидкая (вода с реагентами), газообразная (пузырьки воздуха).

Гидрофильность – способность поверхности смачиваться водой; **гидрофобность** – несмачиваемость. Гидрофобные частицы прилипают к пузырькам.

Состояние поверхности (окисленность, наличие примесей, дефекты) определяет адсорбцию собирателей и, следовательно, флотируемость.

27. Основные технологические показатели фаз обогащения, определения, формулы расчѐта. Задача.

Под фазами здесь понимаются компоненты флотационной системы. Показатели: концентрация реагентов в жидкой фазе, количество адсорбированного собирателя, pH. Задача может быть на расчёт степени адсорбции реагента.

28. Влияние генезиса и вещественного состава на технологические свойства минералов и результаты флотационного обогащения.

Генезис определяет текстурно-структурные особенности (вкрапленность, взаимопрорастания), степень окисления, присутствие шламов, что влияет на раскрываемость, флотируемость, выбор реагентного режима. Например, окисленные руды требуют сульфидизации, а тонковкрапленные – более тонкого измельчения.

29. Процессы обезвоживания и пылеулавливания, их значение и роль при обогащении минерального сырья. Методы обезвоживания руд и продуктов обогащения.

Обезвоживание – удаление влаги из продуктов для транспортировки, складирования, последующей переработки. Методы: сгущение, фильтрация, сушка.

Пылеулавливание – очистка газов от пыли для экологии и возврата ценных компонентов. Методы: сухие (циклоны, рукавные фильтры) и мокрые (скрубберы).

30. Основные технологические показатели процессов обезвоживания, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: влажность конечного продукта (%), производительность фильтра (кг/м²·ч), содержание твёрдого в сливе сгустителя (г/л), эффективность осаждения. *Задача*: рассчитать влажность кека после фильтрации по массе до и после сушки.

31. Принципы и теоретические основы отсадки, циклы отсадки. Основные типы отсадочных машин, устройство, принцип работы.

Отсадка – разделение по плотности под действием пульсирующего потока воды. Цикл: взвешивание (восходящий поток) – расслоение – нисходящий поток – разгрузка.

Типы машин: поршневые, диафрагменные, беспоршневые (пневматические, гидравлические). Устройство: корпус с решетами, механизм пульсаций, разгрузочные устройства.

32. Влага, виды влаги. Общая классификация материалов и методов обезвоживания продуктов обогащения. Аппараты.

Виды влаги: гигроскопическая, капиллярная, поверхностная, химически связанная.

Методы: сгущение (гравитационное, центробежное), фильтрование (вакуумное, давление), сушка (конвективная, контактная).

Аппараты: сгустители (радиальные, пластинчатые), фильтры (дисковые, ленточные, камерные), сушильные барабаны, кипящего слоя.

33. Основные технологические показатели процессов обеспыливания, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: эффективность очистки газа $E = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}} \cdot 100\%$, гидравлическое сопротивление, удельная нагрузка. *Задача*: рассчитать эффективность циклона по запылённости на входе и выходе.

34. Гравитационные методы: обогащение в потоке воды, текущей по наклонной плоскости. Аппараты, устройство, принцип действия.

К этой группе относятся концентрационные столы, шлюзы, винтовые сепараторы.

Принцип: разделение под действием силы тяжести, трения и гидродинамических сил в тонком слое воды. Тяжёлые частицы движутся медленнее и концентрируются вблизи дна или внутреннего борта.

35. Характеристика сточных вод обогатительных фабрик. Виды загрязнений, их допустимые нормы в сточных водах. Классификация методов очистки сточных вод.

Загрязнения: взвешенные вещества (хвосты), реагенты (ксантогенаты, масла), тяжёлые металлы, pH.

Допустимые нормы – по ПДК для рыбохозяйственных или хозяйственно-бытовых водоёмов.

Методы очистки: механические (отстаивание, фильтрация), физико-химические (нейтрализация, коагуляция, флотация), биологические.

36. Основные технологические показатели сточных вод, определения, формулы расчѐта. Задача.

Показатели: концентрация взвешенных веществ (мг/л), pH, ХПК, БПК, эффективность очистки $E = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%$. *Задача*: рассчитать эффективность отстаивания по снижению концентрации взвесей.

37. Гравитационные методы: обогащение в тяжёлых средах. Основные типы сепараторов, устройство, принцип действия.

Метод основан на разделении в суспензии (вода + утяжелитель) с плотностью промежуточной между плотностями разделяемых минералов.

Сепараторы:

- для крупного материала – статические (конусные, цилиндрические) и динамические (барабанные, валковые);
- для мелкого – гидроциклонные.

Принцип: всплывание лёгких фракций, погружение тяжёлых.

38. Флотационные машины. Классификация современных флотационных машин.

Классификация:

- **по способу аэрации**: механические (импеллерные), пневматические (колонные), пневмомеханические, вакуумные.
- **по конструкции камер**: однокамерные, многокамерные.
- **по расположению**: горизонтальные, вертикальные (колонные).

Современные: пневмомеханические (RCS, OK, Wemco), колонные (Jameson, Flotation Column), контактные.

39. Основные технологические показатели, определения, формулы расчёта. Задача.

Вероятно, имеются в виду показатели работы флотационных машин: производительность по пульпе (м³/ч), аэрация (м³/м³·мин), время флотации, извлечение. *Задача*: рассчитать необходимое время флотации по кинетическим данным.

40. Флотационные реагенты, их назначение и классификация. Механизм действия и область применения.

Классификация:

- Собиратели (сульфгидрильные – ксантогенаты, дитиофосфаты; карбоксильные – жирные кислоты; катионные – амины);
- Вспениватели (спирты, сосновое масло);
- Модификаторы (регуляторы pH, активаторы, депрессоры, диспергаторы).

Механизм: химическая адсорбция, физическая адсорбция, изменение дзета-потенциала, образование поверхностных соединений.

41. Классификация. Теоретические основы процесса. Основные аппараты, устройство и принцип действия.

Вопрос о классификации (гидравлической). **Теоретические основы**: разделение частиц по скорости осаждения в восходящем или горизонтальном потоке. **Аппараты**: гидравлические классификаторы (механические, гидравлические, центробежные – гидроциклоны). **Устройство**: конусные классификаторы с порогами, спиральные классификаторы, гидроциклоны.

42._Основные технологические показатели аппаратов обогащения в тяжелых . суспензиях, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: плотность суспензии, вязкость, выход продуктов, извлечение, плотность разделения. *Задача*: рассчитать извлечение тяжёлой фракции по данным содержания ценного компонента в исходном, концентрате и хвостах.

43. Классификация полезных ископаемых, их химический и минералогический состав, текстурно-структурные характеристики.

Классификация по происхождению: магматические, осадочные, метаморфические; по составу: рудные (металлы), нерудные, горючие.

Химический состав: валовое содержание элементов, минеральные формы. **Текстурно-структурные**: вкрапленность, срастания, размер зёрен, взаимное расположение минералов.

44. Гидравлическая классификация. Седиментационный анализ. Закономерности классификации. Шкала и модуль гидравлической классификации. Классифицирующие устройства.

Гидравлическая классификация – разделение частиц по скорости осаждения в жидкой среде. **Седиментационный анализ** – определение гранулометрического состава по скорости осаждения.

Шкала гидравлической классификации – совокупность граничных скоростей осаждения. **Модуль** – отношение скоростей осаждения соседних классов.

Устройства: спиральные классификаторы, гидроциклоны, центрифуги.

45. Основные технологические показатели седиментационного анализа, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: скорость осаждения $v = h/t$ (мм/с), диаметр частиц по формуле Стокса $d = \sqrt{\frac{18\eta v}{(\rho - \rho_0)g}}$, содержание фракций. *Задача*: по кривой седиментации построить гранулометрический состав.

46. Цель и задачи обогащения полезных ископаемых. Классификация методов и процессов обогащения. Технологические схемы.

Цель: повышение содержания полезного компонента, удаление пустой породы, получение кондиционных продуктов.

Задачи: раскрытие минералов, разделение по физическим свойствам, обезвоживание.

Методы: гравитационные, флотационные, магнитные, электрические, радиометрические, специальные (химические, бактериальные).

Технологические схемы: совокупность операций дробления, измельчения, обогащения, обезвоживания; бывают простые и сложные, с перечистками и промпродуктами.

47. Теоретические основы гравитационных процессов. Свободное и стеснённое падение тел в среде, конечная скорость падения и её зависимость от различных факторов. Равнопадаемость, коэффициент равнопадаемости.

Свободное падение – одиночной частицы в неограниченном объёме. **Стеснённое падение** – в среде других частиц, скорость ниже.

Конечная скорость $v_0 = \sqrt{\frac{4gd(\rho - \rho_0)}{3\zeta\rho_0}}$, где ζ – коэффициент сопротивления.

Равнопадаемость – частицы разной плотности и размера, но с одинаковой скоростью падения. **Коэффициент равнопадаемости** $e = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{\rho_2 - \rho_0}{\rho_1 - \rho_0}}$ для ламинарного режима.

48. Основные технологические показатели гравитационных процессов, определения, формулы расчёта. Задача.

Показатели: извлечение ценного компонента в концентрат, выход, степень обогащения, эффективность разделения (критерий Тромпа).

Задача: по данным ситового и плотностного анализа продуктов рассчитать извлечение тяжёлой фракции.