

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

Структурное подразделение «Сибирская школа геонаук»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №29 от 10 апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОБОГАЩЕНИЕ РУД»

Специальность: 21.05.02 Прикладная геология

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Квалификация: Горный инженер-геолог

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Трусова Валентина
Валерьевна
Дата подписания: 09.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Ланько Анна
Викторовна
Дата подписания: 20.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Тарасова Юлия
Игоревна
Дата подписания: 20.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

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

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1-14
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	УК-6.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
УК-1-14	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий при участии в научных исследованиях	Знать технологические показатели обогащения руд Уметь рассчитывать технологические параметры процесса обогащения руд Владеть навыками анализа технологических параметров обогащения руд для выработки стратегии действий при участии в научных исследованиях
УК-6.6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования в области научных исследований	Знать методы обогащения полезных ископаемых Уметь разрабатывать планы исследований, направленные на использование методов обогащения руд Владеть навыками анализа информации и самостоятельного принятия решений в области исследований обогащения руд

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Обогащение руд» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Общая геология», «Производственная практика: производственно-технологическая практика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: производственно-технологическая практика», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	32	32
лекции	16	16
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	76	76
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 8

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Полезные ископаемые, руды. Введение в процессы переработки руд	1	2			1, 2	6	1, 2, 3	12	Решение задач
2	Подготовительны е процессы	2	4			3, 4	6	1, 2, 3, 4	20	Отчет
3	Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых	3	2			5	2	1, 2, 3, 4	16	Отчет
4	Флотационные методы обогащения полезных ископаемых	4	4					2, 4	10	Отчет
5	Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых	5	2					2, 4	10	Отчет
6	Вспомогательные процессы	6	2			6	2	1, 2, 3	8	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет

	Всего		16			16		76	
--	-------	--	----	--	--	----	--	----	--

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Полезные ископаемые, руды. Введение в процессы переработки руд	Полезные ископаемые и их классификация. Месторождения полезных ископаемых. Общая классификация руд. Компоненты полезных ископаемых. Обогащение руд. Продукты и показатели обогащения. Процессы обогащения полезных ископаемых
2	Подготовительные процессы	Дробление руд. Характеристика процесса дробления. Классификация дробильного оборудования. Степень дробления. Стадии дробления. Измельчение. Грохочение руд и продуктов обогащения. Классификация
3	Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых	Обогащение в потоке воды, бегущей по наклонной плоскости. Обогащение в вертикальном пульсирующем потоке воды или воздуха. Обогащение в криволинейном потоке воды (в центробежном поле). Обогащение в тяжёлых средах
4	Флотационные методы обогащения полезных ископаемых	Понятие флотации и краевого угла смачивания. Схемы флотации. Флотационные реагенты. Собиратели. Пенообразователи. Реагенты модификаторы. Флотационные машины
5	Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых	Классификация минералов по магнитным свойствам. Магнитные сепараторы. Электрическое обогащение. Электрические сепараторы. Радиометрические методы обогащения. Люминесценция. Рентгенолюминесцентная сепарация. Фотометрическая сепарация
6	Вспомогательные процессы	Обезвоживание продуктов обогащения. Процесс сгущения. Фильтрование. Сушка. Процесс пылеулавливания на обогатительной фабрике

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет технологических показателей обогащения	2
2	Расчет технологической схемы обогащения серных руд	4

3	Расчет гранулометрического состава	4
4	Расчет показателей грохочения	2
5	Расчет различных величин на основе закономерностей падения тел в физических средах	2
6	Расчет параметров пульпы (суспензии)	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	12
2	Подготовка к зачёту	24
3	Подготовка к практическим занятиям	12
4	Проработка разделов теоретического материала	28

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: лекция-беседа, разбор конкретных ситуаций

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Методические указания к практическим работам № 1, 3-6 приведены в сборнике задач: Келль, Мария Николаевна. Обогащение полезных ископаемых : сб. задач / Мария Николаевна Келль; С.-Петерб. гос. горн. ин-т им. Г. В. Плеханова (техн. ун-т). – СПб. : СПбГГИ, 1996. – 62 с; к работе № 2 Трусова, Валентина Валерьевна. Технологии обогащения полезных ископаемых: практикум / В. В. Трусова, А. Е. Бурдонов ; Иркут. нац. исслед. техн. ун-т. - Иркутск: ИРНИТУ, 2019. - 163 с. - URL: <http://elibr.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-22278.pdf>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Вид самостоятельной работы: Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к практическому занятию следует начать с ознакомления с темой предстоящего занятия, цели работы, задания. За время, отведенное на подготовку к практическим занятиям, обучающийся должен изучить теоретический материал (конспект лекций или поработать с источниками, указанными в списке рекомендуемой литературы в методических указаниях) по тематике практического занятия.

Контроль выполнения СРС: Активная работа обучающегося на практических занятиях, участие в разборе конкретных примеров, обсуждении, в формулировке предложений и рекомендаций по тематике практического занятия.

Вид самостоятельной работы: Оформление отчетов практическим работам

Отчет о практической работе составляется индивидуально каждым обучающимся и должен включать:

- цель работы;

- задание на практическое занятие;
- краткий конспект теоретической основы занятия (при необходимости);
- необходимые формулы, схемы, таблицы и расчеты;
- общие выводы и рекомендации.

При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Контроль выполнения СРС: Правильность расчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой практической работе в методических указаниях.

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

Темы для самостоятельного изучения разделов курса:

Грохочение руд и продуктов обогащения

1. Барабанные грохоты. Конструкция, принцип действия, область применения.
2. Дуговые грохоты. Конструкция, принцип действия, область применения.

Дробление и измельчение руд

1. Молотковая однороторная дробилка. Конструкция, принцип действия, область применения.
2. Стержневая мельница с центральной разгрузкой. Конструкция, принцип действия, область применения.

Обогащение в тяжелых средах

1. Свойства утяжелителей. Крупность и гранулометрический состав утяжелителей.
2. Свойства суспензий. Регенерация и кондиционирование суспензий.

Обогащение в центробежном поле

1. Винтовая сепарация. Винтовой шлюз и сепаратор. Практика применения винтовой сепарации
2. Практика применения центробежных аппаратов

Магнитные методы обогащения

1. Подготовка руд перед магнитной сепарацией.
2. Практика магнитного обогащения магнетитовых руд

Флотационное обогащение

1. Реагенты-модификаторы. Назначение и механизм действия. Факторы, влияющие на процесс флотации
2. Принцип построения схем флотации с учетом особенностей вещественного состава исходной руды

Контроль выполнения СРС: Результаты самостоятельного изучения раздела дисциплины студенты представляют в виде конспекта, оформляют который в свободной форме и представляют преподавателю.

Преподаватель оценивает глубину проработки вопроса, литературные источники, которые использовал студент

Вид самостоятельной работы: Подготовка к зачету

При подготовке к сдаче зачета обучающемуся необходимо изучить лекционные материалы, материалы, рассмотренные на практических занятиях, а также самостоятельно работать с основной и дополнительной литературой по теме дисциплины. При подготовке к зачету обучающийся должен устно ответить на контрольные вопросы, определяемые преподавателем

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

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 8 | Устный опрос

Описание процедуры.

На лекции после изучения темы преподаватель проводит устный опрос (выборочно из обучающихся)

Пример задания

1. Что является целью процесса сгущения?
2. Для чего и в каких случаях применяется процесс фильтрования?
3. В каких печах производится сушка концентратов?
4. Какие системы и методы очистки вредных выбросов вы знаете

Критерии оценивания.

Активное участие обучающегося при устном опросе на лекционных занятиях

6.1.2 семестр 8 | Отчет

Описание процедуры.

Отчет о практической работе составляется индивидуально каждым обучающимся и должен включать:

- цель работы;
- задание на практическое занятие;
- краткий конспект теоретической основы занятия (при необходимости);
- необходимые формулы, схемы, таблицы и расчеты;
- общие выводы и рекомендации.

При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Критерии оценивания.

Правильность расчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам

6.1.3 семестр 8 | Решение задач

Описание процедуры.

На лекционном занятии после изучения темы "Продукты и показатели обогащения", раздел Технологические показатели обогащения, для закрепления пройденного материала

и усвоения правильности расчета технологических показателей обучающийся выполняет задачи, предложенные для самостоятельного решения.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Найти выход графитового концентрата, если содержание в нем углерода 90%, на фабрику поступает руда с содержанием углерода 5%, извлечение углерода в концентрат 92%.

Задача 2. Рассчитать выход талькового концентрата, если из 10000 т руды получено 8000 т хвостов.

Задача 3. Найти выход графитового концентрата, если извлечение углерода 95%, содержание его в руде – 4%, в концентрате – 85%.

Задача 4. Производительность фабрики 15000 т/сут., содержание графита в руде 3,5%, в концентрате – 93,4%. Извлечение металла в концентрат 85%. Определить, сколько тонн в сутки сбрасывает фабрика хвостов в хвостохранилище.

Задача 5. Для закладки в шахту идет 60% от общих хвостов фабрики. Производительность фабрики 20000 т/сут., выход концентрата 4%. Сколько тонн хвостов отправляет в сутки обогатительная фабрика в шахту?

Задача 6. Фабрика перерабатывает цинковую руду с содержанием цинка 2%. На фабрике получают два продукта: концентрат, с содержанием 60% цинка и хвосты, с содержанием цинка 0,3%. Рассчитать выход концентрата и хвостов.

Задача 7. Рассчитать выход концентрата и извлечение в него металла при обогащении железной руды. Массовая доля железа в концентрате 56 %, в хвостах 15 %. Руда на фабрику поступает с трех рудников: 25 % - с рудника А, 35 % - с рудника Б и 40 % - с рудника В. Массовая доля железа в руде рудников А, Б и В составляет соответственно 28, 25 и 31%.

Задача 8. Определить зольность смеси рядового (необогатенного) угля, поступающего на фабрику для обогащения с четырех шахт: с шахты А – 400 т/ч с зольностью 20 %, с шахты Б – 200 т/ч с зольностью 22 %, с шахты В – 250 т/ч с зольностью 24%, с шахты Г – 150 т/ч с зольностью 18%.

Задача 9. Фабрика перерабатывает 500 т/ч цинковой руды с массовой долей цинка 3% и получает 25 т/ч цинкового концентрата с массовой долей цинка 40 %. Определить эффективность обогащения, если полезный минерал в руде - сфалерит, содержащий 67% цинка.

Задача 10. Рассчитать выход концентрата, производительность по нему фабрики и извлечение в него меди. После обогащения медной руды получен концентрат с массовой долей меди 19 % и хвосты с массовой долей меди 0,1 %. Производительность фабрики по руде 500 т/ч. Руда поступает на обогащение с трех рудников: с рудника А – 35 % с массовой долей меди 0,9%, с рудника Б – 42% с массовой долей меди 1,5 %, с рудника В - 23 % с массовой долей меди 2,0 %.

Критерии оценивания.

Правильность решения задачи

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
УК-1-14	демонстрирует способность оценивать технологические показатели обогащения руд	тестирование
УК-6.6	способен выбирать метод обогащения основе анализа свойств минералов и руд	тестирование

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 8, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет проводится в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Не допускается проведение зачета на последних семинарских, либо лекционных занятиях. Зачет должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории. Преподаватель принимает зачет только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.

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

Если в процессе зачета студент использовал недопустимые дополнительные материалы (шпаргалки), то экзаменатор имеет право изъять шпаргалку и обязан поставить оценку «незачтено».

Зачет сдается в виде итогового тестирования. В каждом тесте содержится 10 вопросов по разделам дисциплины. На решение тестового задания дается 30 минут.

Пример задания:

1. Ценными компонентами называются:

- А) отдельные химические элементы или их природные соединения, которые входят в состав полезного ископаемого в небольших количествах и могут быть выделены и использованы совместно с основным компонентом, улучшая его качество;
- Б) отдельные химические элементы или минералы, входящие в состав полезного ископаемого и представляющие интерес для их дальнейшего использования;
- В) ценные химические элементы и отдельные минералы, содержащиеся в полезных ископаемых в сравнительно небольших количествах, выделяемые при обогащении попутно в самостоятельный или комплексный продукт совместно с основным

компонентом, и извлекаемые из него в дальнейшем в процессе металлургической плавки или химической переработки.

2. Отношение массы полезного компонента в продукте обогащения к массе полезного компонента в исходной руде, выраженное в процентах, это:

- А) степень сокращения;
- Б) выход продукта;
- В) извлечение ценного компонента

3. Разрушение материала раздавливанием, раскалыванием и частичным истиранием в рабочем пространстве, образованном двумя щеками, при их периодическом сближении (крупное дробление) осуществляется в:

- А) щековых дробилках;
- Б) стрелочных мельницах;
- В) валковых дробилках

4. Процессы, в которых разделение минеральных частиц, отличающихся плотностью, размером и формой, обусловлено различием в характере и скорости их движения в среде под действием силы тяжести и сил сопротивления среды разделения:

- А) процессы гравитационного обогащения;
- Б) процессы флотационного обогащения;
- В) процессы обогащения материала по крупности

5. Химические соединения, избирательно концентрирующиеся на поверхности извлекаемых минералов и создающие на ней гидрофобную пленку, способствующую прилипанию частицы к воздушному пузырьку, это:

- А) пенообразователи;
- Б) собиратели;
- В) активаторы

6. Эти машины представляют собой аппараты, у которых насыщение пульпы воздухом и перемешивание пульпы в камере осуществляет аэратор с вращающимся импеллером, всасывая необходимый для флотации воздух непосредственно из атмосферы:

- А) машины механического типа;
- Б) пневмомеханические машины;
- В) пневматические машины

7. К специальным методам обогащения полезных ископаемых относится:

- А) гравитационные методы обогащения;
- Б) рентгенолюминесцентная сепарация;
- В) флотационные методы обогащения

8. Медный купорос CuSO_4 и др. соли тяжелых металлов (Pb, Fe); сернистый натрий Na_2S ; кислоты и щелочи в процессах флотации используются в качестве:

- А) пенообразователей;
- Б) собирателей;
- В) активаторов

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Обучающийся демонстрирует знания о	Обучающийся не обладает знаниями о

процессах рудоподготовки и методах обогащения руд. Владеет навыком расчета основных технологических показателей процесса обогащения руд. Обучающийся своевременно выполнил практические работы; выполнил итоговый тест более чем на 80%	процессах рудоподготовки и методах обогащения руд. Испытывает существенные затруднения с расчетом технологических показателей. Обучающийся своевременно не выполнил практические работы и/или выполнил итоговый тест менее чем на 79%
--	--

7 Основная учебная литература

1. Авдохин Основы обогащения полезных ископаемых Обогащительные процессы, 2016. - 416.
2. Авдохин. Основы обогащения полезных ископаемых Технологии обогащения полезных ископаемых, 2006. - 309.
3. Шилаев В. П. Основы обогащения полезных ископаемых : учебное пособие для вузов по специальности "Экономика и организация горной промышленности" / В. П. Шилаев, 1986. - 295.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Адамов Обогащение руд цветных и редких металлов : курс лекций. Ч. 1 : Подготовка руды к обогащению. Гравитационные процессы, 1974. - 186.
2. Адамов Обогащение руд цветных и редких металлов : курс лекций. Ч. 2 : Флотационные и специальные методы. Практика обогащения руд цветных и редких металлов, 1974. - 144.
3. Шилаев В. П. Основы обогащения полезных ископаемых : учебное пособие для вузов / В. П. Шилаев, 1986. - 296.
4. Арашкевич В. М. Основы обогащения руд : учебник для горно-металлургических техникумов / В. М. Арашкевич, 1973. - 190.
5. Келль Мария Николаевна. Обогащение полезных ископаемых : сб. задач / Мария Николаевна Келль; С.-Петербург. гос. горн. ин-т им. Г. В. Плеханова (техн. ун-т), 1996. - 62.

9 Ресурсы сети Интернет

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

10 Профессиональные базы данных

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

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

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер P4500/1024*2/160/GF256Mb/DVD-RW/Samsung LCD 19/кл/мышь/сет. фильтр
2. Проектор EPSON MultiMedia (с кабелем и креплением)
3. Компьютер P4/1024/160/SVGA256Mb/DVD-RW/кл/мышь/сет.фильтр/ TFT 17 Samsung