

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

Структурное подразделение «Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей
среды им. С.Б. Леонова (131)»

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

Рабочая программа дисциплины

«ОБОГАЩЕНИЕ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.03.02 Metallургия

Metallургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

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

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Федотов
Константин Вадимович
Дата подписания: 01.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 08.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

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

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-5 Способность осуществлять, анализировать и корректировать технологические процессы получения металлов	ПКС-5.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-5.1	Демонстрирует знания, умения и способность осуществлять и корректировать процессы обогащения при переработке руд цветных металлов	Знать - горно-геологические характеристики руд цветных металлов, минералогический и элементный состав руд, районы промышленного расположения месторождений руд цветных металлов; - методики определения гранулометрического состава минерального сырья; - правила выбора подготовительного и обогатительного оборудования Уметь - рассчитать гранулометрический состав руды и построить характеристики крупности; - выбрать схему обогащения руд цветных металлов на основе анализа горно-геологической характеристики руды; - выбрать, рассчитать и обосновать схему обогащения минерального сырья; - рассчитать основные технологические показатели процесса обогащения; - выбрать и рассчитать производительность основного подготовительного и обогатительного оборудования Владеть - научной терминологией в области рудоподготовки и обогащения руд цветных металлов; - методиками расчета показателей процесса обогащения руд цветных

		металлов; - навыком использования научной и технической литературы в области обогащения руд цветных металлов
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

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

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Металлургические технологии», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория электрометаллургических процессов»

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 № 5
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	32	32
лекции	16	16
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	0	0
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 № 5

№ 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	Сырьевая база цветной металлургии	1	2					2	2	Устный опрос
2	Грохочение руд и продуктов обогащения	2, 3	4	1, 4	4			1, 2, 3, 5	22	Отчет по лаборатор ной работе
3	Дробление и измельчение руд	4	2	2, 3, 5	6			1, 2, 3, 5	16	Отчет по лаборатор ной работе

4	Флотационное обогащение руд цветных металлов	5, 6	4	6, 7, 8	6			1, 2, 3, 5	20	Отчет по лабораторной работе
5	Основное и вспомогательное флотационное оборудование	7	2					2, 5	10	Устный опрос
6	Схемы флотации	8	2					4, 5	6	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16				76	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Сырьевая база цветной металлургии	Общие сведения о рудах и минералах. Свойства минералов, используемые при обогащении. Запасы руд цветных металлов и их распределение в РФ и в мире. Добыча руд цветных металлов
2	Грохочение руд и продуктов обогащения	Назначение операций грохочения. Гранулометрический состав минерального сырья и продуктов обогащения. Рабочая (просеивающая) поверхность грохота. Эффективность процесса грохочения. Конструкции грохотов
3	Дробление и измельчение руд	Общие сведения о процессе. Классификация дробильного оборудования. Конструкции дробилок. Измельчение руд. Классификация мельниц. Конструкции мельниц
4	Флотационное обогащение руд цветных металлов	Общие сведения о процессе. Классификация дробильного оборудования. Конструкции дробилок. Измельчение руд. Классификация мельниц. Конструкции мельниц
5	Основное и вспомогательное флотационное оборудование	Флотационные машины: механические, пневмомеханические, пневматические. Конструкция, принцип действия, область применения. Контактные чаны для приготовления флотореагентов и обеспечения агитации их с пульпой.
6	Схемы флотации	Понятие цикла флотации: основная, перераспределительная и контрольная флотации. Принцип прямой и обратной флотации. Селективные, коллективные и коллективно-селективные схемы флотации. Принцип переработки промпродуктов основной флотации

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
---	----------------------------------	----------------------------

1	Пробоотбор и ситовой анализ	2
2	Определение крепости горных пород методом дробления	2
3	Дробление руд цветных металлов	2
4	Изучение влияния размера отверстия сетки грохота и влажности исходной руды на эффективность процесса грохочения	2
5	Изучение влияния плотности пульпы на эффективность измельчения руд цветных металлов	2
6	Элементарные опыты пленочной и масляной флотации	2
7	Изучение процесса пенной флотации монометаллической руды	2
8	Изучение процесса пенной флотации полиметаллической руды	2

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	18
2	Подготовка к зачёту	16
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	16
4	Подготовка к экзамену	2
5	Проработка разделов теоретического материала	24

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

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Обогащение руд цветных металлов: методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. В.В. Власова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2016. – 48 с.
<http://elibrary.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2699.pdf>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Подготовка к лабораторным работам
 Лабораторный практикум по дисциплине «Обогащение руд цветных металлов» составлен

с учетом объема времени, отводимого по учебному плану на лабораторные занятия по данной дисциплине и включает 8 работ по отдельным темам курса. Все работы, кроме восьмой, рассчитаны на 2 ч занятий. На выполнение восьмой работы необходимо 3 ч. Цель выполнения лабораторных работ - научить обучающихся навыкам самостоятельной работы и закрепить теоретические положения курса.

Перед выполнением лабораторной работы обучающийся должен закрепить теоретические основы лабораторной работы изучив раздел основные понятия в методических указаниях по выполнению лабораторных работ. Обучающемуся необходимо заготовить заранее протокол отчета, который должен содержать следующую информацию:

- название работы;
- цель работы;
- оборудование и материалы;
- порядок выполнения работы.

Протокол отчета является основой для составления итогового отчета по выполнению лабораторной работы.

Подготовка к зачету

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

Проработка отдельных разделов теоретического курса

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

Источниками для самостоятельного изучения теоретического курса выступают:

учебники по предмету;

- конспекты лекций по предмету;
- научные статьи в периодической юридической печати и рекомендованных сборниках
- научные монографии.

Темы для самостоятельного изучения разделов курса

Раздел 2. Грохочение руд и продуктов обогащения:

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

Рекомендуемая литература:

1. Андреев Е. Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению : учеб. для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подгот. "Горн. дело" / Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов; науч. ред. В. В. Захваткин, 2007. – 439 с.
2. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Отв. ред. В. А. Олевский, 1982. - 366 с.

Раздел 3. Дробление и измельчение руд

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

Рекомендуемая литература:

1. Андреев Е. Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению : учеб. для вузов по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подгот. "Горн. дело" / Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов; науч. ред. В. В. Захваткин, 2007. – 439 с.
2. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Отв. ред. В. А. Олевский, 1982. - 366 с.

Раздел 4. Флотационное обогащение руд цветных металлов

1. Реагенты-модификаторы. Назначение и механизм действия. Факторы, влияющие на процесс флотации.

Рекомендуемая литература:

1. Шубов, Лазарь Яковлевич . Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья : справочник. Кн. 1 / Лазарь Яковлевич Шубов; Под ред. Л. В. Кондратьевой, 1990. - 400 с.
2. Шубов, Лазарь Яковлевич . Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья : справочник. Кн. 2 / Лазарь Яковлевич Шубов; Под ред. Л. В. Кондратьевой, 1990. - 262 с.

Раздел 5. Основное и вспомогательное флотационное оборудование

1. Реагентные питатели. Питатели для подачи сыпучих реагентов. Питатели для подачи жидких реагентов.

Рекомендуемая литература:

1. Шубов, Лазарь Яковлевич . Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья : справочник. Кн. 2 / Лазарь Яковлевич Шубов; Под ред. Л. В. Кондратьевой, 1990. - 262

Раздел 6. Схемы флотации

1. Принцип построения схем флотации с учетом особенностей вещественного состава исходной руды.

Рекомендуемая литература:

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

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.

Оформление отчетов по лабораторным работам

По окончании работы каждый обучающийся представляет индивидуальный отчет, в котором приводит:

- порядок выполнения работы;
- схемы применяемых для работы аппаратов;
- таблицы с результатами опытов;
- требуемый расчетный и графический материал;
- краткие выводы по работе.

После проверки отчета преподавателем, производится защита его обучающимся. При защите необходимо знать:

- цель работы;
- устройство и принцип действия применяемых аппаратов;

- методику проведения работы;
- формулы, используемые при расчете;
- ответить на контрольные вопросы по каждой работе.

При успешной защите отчета работа считается выполненной, и обучающийся допускается к выполнению следующей работы.

Контрольные вопросы необходимо взять из методического указания для проведения лабораторных работ по курсу: Обогащение руд цветных металлов: методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. В.В. Власова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2016. – 48 с.

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 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

В завершении каждого аудиторного занятия обучающимся предоставляется вопрос для коллективного обсуждения по пройденной теме и вопросы для самостоятельной подготовки и повторения пройденного материала.

Контроль знаний по пройденной теме осуществляется на следующем аудиторном занятии в виде индивидуального устного опроса.

Примеры вопросов для устного опроса

Раздел 1. Сырьевая база цветной металлургии:

1. Какие основные типы руд цветных металлов вы знаете?
2. Какие основные минералы меди вы знаете?
3. Приведите примеры крупных золоторудных месторождений Сибири и Дальнего Востока?
4. Основные минералы молибдена.
5. Приведите основные свойства минералов, используемые при обогащении.

Раздел 5. Основное и вспомогательное флотационное оборудование:

1. Какие типы флотационных машин вы знаете?
2. Как осуществляется аэрация пульпы в машинах механического типа?
3. Как классифицируются флотационные машины в зависимости от типа камер?
4. Приведите пример реагентных питателей для подачи порошковых реагентов.
5. Для чего используют контактные чаны?

Раздел 6. Схемы флотации:

1. Что называется схемой обогащения?
2. Что называют коллективной схемой флотации?
3. По каким схемам можно перерабатывать полиметаллические руды?
4. Какие показатели процесса обогащения выносятся на технологическую схему.
5. Что называют схемой цепи аппаратов?

Критерии оценивания.

При проведении оценивания знаний обучающихся учитывается:

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

Ответ оценивается на:

«отлично» - при наличии у обучающегося глубоких, исчерпывающих знаний, грамотном и логически стройном построении ответа;

«хорошо» - при наличии твердых и достаточно полных знаний, логически стройном построении ответа при незначительных ошибках;

«удовлетворительно» - при наличии твердых знаний, изложении ответа с ошибками, уверенно исправленными после вспомогательных вопросов преподавателя;

«неудовлетворительно» - при наличии грубых ошибок в ответе, непонимании сущности излагаемого вопроса, неуверенности и неточности ответов после вспомогательных вопросов преподавателя.

6.1.2 семестр 5 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Прием отчетов по ЛР проводится в течение занятия, при этом каждый из обучающихся отвечает на вопросы, заданные преподавателем.

Вопросы для контроля: Вопросы для защиты лабораторных работ приведены в методическом указании для проведения лабораторных работ по курсу: Обогащение руд цветных металлов: методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. В.В. Власова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2016. – 48 с.

Критерии оценивания.

При проведении оценивания ответов на вопросы обучающихся учитывается:

- правильность ответа;
- умение излагать свою точку зрения

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-5.1	Обучающийся демонстрирует полные, системные, устойчивые знания о процессах рудоподготовки и методах обогащения руд цветных металлов. Владеет навыком расчета основных технологических показателей процесса	Устное собеседование по вопросам к зачету

	обогащения руд цветных металлов. Может выбирать схему обогащения на основе анализа минералогического состава руд	
--	--	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

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

Результат зачета объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. В случае неявки студента для сдачи зачета в ведомости вместо оценки делается запись «не явился». В ведомости должны быть заполнены все графы

Пример задания:

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Определение процесса обогащения полезных ископаемых.
2. Значение минерального и гранулометрического состава при выборе метода и построении схем обогащения.
3. Дать определение продуктов обогащения полезных ископаемых.
4. Схемы обогащения руд цветных металлов.
5. Цель операций дробления и измельчения.
6. Стадии дробления и измельчения.
7. Определение общей и частной степени дробления.
8. Классификация и принцип работы щековых, конусных, валковых дробилок, область применения.
9. Назначение процесса измельчения при обогащении полезных ископаемых.
10. Классификация и принцип работы мельниц (шаровых, стержневых, рудногалечных и самоизмельчения, область применения.
11. Классификация процессов грохочения.
12. Типы просеивающих поверхностей.
13. Эффективность грохочения, факторы, влияющие на эффективность грохочения.
14. Классификация грохотов, устройство и принцип работы вибрационных грохотов.
15. Существующие методы определения гранулометрического состава руды.
16. Понятие флотационного метода обогащения.
17. Свойства минералов, используемые при флотации.
18. Основные условия для проведения флотации. Схемы флотации. Понятие коллективной и селективной схемы флотации.
19. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-собирателей.

20. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-пенообразователей.
21. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-активаторов.
22. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-депрессоров.
23. Классификация, назначения и механизм действия реагентов-регуляторов.
24. Понятие реагентного режима.
25. Классификация флотационных машин.
26. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин.
27. Устройство, принцип работы и область применения флотомашин механического, пневмомеханического и пневматического типа.
28. Устройство и назначение реагентных питателей и контактных чанов.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

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

7 Основная учебная литература

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

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

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

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

4. Авдохин Основы обогащения полезных ископаемых Обогачительные процессы, 2016. - 416.

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

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

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Обогащение руд цветных металлов : методические указания по выполнению лабораторных работ для специальности 110200 "Металлургия цветных металлов" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. - 16.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-13831.pdf>

2. Зверевич В. В. Основы обогащения полезных ископаемых / В. В. Зверевич, В. А. Перов, 1971. - 216.

3. Моршинин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых : учебник для средних ПТУ / В. М. Моршинин, 1983. - 190.

9 Ресурсы сети Интернет

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

10 Профессиональные базы данных

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

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

1. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007
2. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2008

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 314159 Флотационная машина 135-ФЛ
2. 314157 Флотационная машина 135-ФЛ
3. 314160 Флотационная машина 135-ФЛ
4. 314155 Флотационная машина 135-ФЛ
5. Технологическое оборудование
6. Дробилка Д18/14 (EFS-180)
7. 16368 Дробилка щековая
8. 1394 Дробилка валковая