

**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

«ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ»

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Обогащение полезных ископаемых

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: заочная

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

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Федотов Константин
Вадимович
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 «Оптимизация процессов обогащения» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-2 Способность анализировать горно-геологическую информацию о свойствах и характеристиках минерального сырья и вмещающих пород для выбора эффективной тех-нологии переработки	ПКС-2.7

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-2.7	Способен определить методы, необходимые для исследования полезных ископаемых на обогатимость на основе анализа их горно-геологических свойств и характеристик с целью оптимизации процессов обогащения	<p>Знать - горно-геологические условия формирования месторождений твердых полезных ископаемых;</p> <p>- теорию отбора технологических проб при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых;</p> <p>- методы изучения физических и физико-химических свойств руды и ее минеральных компонентов при проведении эксплуатационной разведки добычи полезных ископаемых</p> <p>Уметь - анализировать горно-геологические условия формирования месторождений твердых полезных ископаемых;</p> <p>- уметь готовить пробы полезных ископаемых к проведению изучения горно-геологических условий формирования месторождения твердых полезных ископаемых</p> <p>Владеть - методиками отбора проб при проведении эксплуатационной разведки и добычи твердых полезных ископаемых;</p> <p>- методологий составления плана работ при проведении эксплуатационной разведки и добычи твердых полезных ископаемых</p>

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Оптимизация процессов обогащения» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Подготовка руд и песков к обогащению», «Технологическая минералогия», «Технологии обогащения полезных ископаемых»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Технологии обогащения полезных ископаемых», «Опробование и контроль на обогатительных фабриках»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 4	Учебный год № 5
Общая трудоемкость дисциплины	108	36	72
Аудиторные занятия, в том числе:	12	2	10
лекции	6	2	4
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	6	0	6
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	92	34	58
Трудоемкость промежуточной аттестации	4	0	4
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Зачет		Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 4

№ 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	Введение в дисциплину	1	2					1, 2	34	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Учебный год № 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	Подготовка проб к исследованиям. Методы изучения состава и свойств руды	1	2			1	2	1, 2, 3, 4	28	Решение задач
2	Изучение технологических свойств минерального сырья различными методами	2	2			2, 3	4	1, 2, 3, 4	30	Решение задач
	Промежуточная аттестация								4	Зачет
	Всего		4				6		62	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в дисциплину	Цель и задачи дисциплины. Объекты исследований на обогатимость. Цель и задачи исследований, составление плана работы. Основные этапы исследований обогатимости минерального сырья. Выбор методов исследований и соответствующего оборудования

Учебный год № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Подготовка проб к исследованиям. Методы изучения состава и свойств руды	Технологическое опробование и геолого-технологическое картирование месторождений. Способы отбора проб, отправка проб, сопровождающие документы. Составление схемы разделки пробы. Способы сокращения и перемешивания. Выделение проб на ситовой, микроскопический, минералогический и др. анализы. Используемое оборудование. Подготовка проб пульпы, отобранных на фабриках: сокращение и обезвоживание. Особенности сокращения проб обесшламленных продуктов. Минералогический, спектральный, химический, рациональный анализы. Гранулометрический состав материала, оценка распределения полезных минералов по классам различной крупности. Методы измерения поверхности. Выделение мономинеральных фракций. Определение физических свойств минералов и руд. Фракционный анализ руд и углей. Построение

		кривых обогатимости. Распределение фракций по продуктам обогащения и кривые разделения. Прогнозирование показателей обогащения и выбор схемы по результатам изучения вещественного состава.
2	Изучение технологических свойств минерального сырья различными методами	Определение необходимого времени измельчения руды перед испытаниями обогатимости. Оценка измельчаемости. Исследование руд на обогатимость флотационным методом. Особенности выполнения экспериментов. Исследование руд на обогатимость гравитационными методами. Особенности выполнения экспериментов. Исследование руд на обогатимость методами магнитной сепарации. Схема испытаний. Исследование руд на обогатимость специальными методами. Схема испытаний.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Составление принципиальных схем подготовки пробы руды к лабораторным испытаниям	2
2	Изучение методики оценки измельчаемости руды. Построение графиков кинетики измельчения	2
3	Определение контрастности руд	2

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к контрольным работам	4
2	Проработка разделов теоретического материала	30

Учебный год № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	6
2	Подготовка к зачёту	8
3	Подготовка к контрольным работам	20

4	Проработка разделов теоретического материала	24
---	--	----

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

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

Во время изучения дисциплины «Исследование полезных ископаемых на обогатимость» студенты должны проработать лекционный материал и теоретическую основу разделов, представленных в методичке, ответить на контрольные вопросы, рассчитать и оформить практические задания.

Задания и методику расчета необходимо взять из методического указания для практических работ по курсу: Исследование руд на обогатимость : метод. указания по выполнению практических работ / сост. В.В. Власова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2022. [электронный ресурс].

При защите практической работы студент должен свободно владеть основными формулами, уметь пользоваться технической и справочной литературой, свободно владеть терминологией по курсу.

Исследование полезных ископаемых на обогатимость : метод. указания по выполнению практических работ / сост. В.В. Власова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2022. [электронный ресурс]

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

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 обучающегося.

Источниками для самостоятельного изучения теоретического курса выступают:

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

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 учебный год 4 | Устный опрос

Описание процедуры.

В завершении 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. Введение в дисциплину

1. Введите понятие «объект исследования» при оценке сырья на обогатимость.
2. Какова цель проведения исследования на обогатимость минерального сырья?
3. Назовите основные этапы работ при исследовании руд на обогатимость.
4. Какие факторы влияют на выбор метода исследования на обогатимость?
5. Как правильно составить план исследования.

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 учебный год 5 | Решение задач

Описание процедуры.

В ходе аудиторного занятия обучающимся предоставляются задачи для решения. Решение задач осуществляется каждым обучающимся индивидуально в соответствии с вариантом, с последующей проверкой результатов преподавателем и обсуждением отдельных вопросов в группе.

Пример задач по разделу 1. Подготовка проб к исследованиям. Методы изучения состава и свойств руды

Вариант 1. Составить схему подготовки к лабораторным испытаниям пробы медной руды (масса 1000 кг, максимальная крупность материала – 50 мм).

Планируемые исследования:

- гравитационный анализ руды крупностью –25 мм и –10 мм;
- флотационные испытания,
- изучение вещественного состава.

Пример задач по разделу 2. Изучение технологических свойств минерального сырья различными методами

Вариант 1. В таблице приведены гранулометрические составы аналоговой и исследуемой руды в зависимости от продолжительности измельчения. Класс крупности, мм Выход классов (%) при различной продолжительности

измельчения, мин		0	5	15	30	45	60	90	
Аналоговая руда									
-3,0+0	97,8	-	-	-	-	-	-	-	
-1,0+0	53,5	97,2	-	-	-	-	-	-	
-0,5+0	41,0	94,0	-	-	-	-	-	-	
-0,074+0		19,9	49,5	80,4	93,3	98,5	99,6	99,9	
-,05+0	14,4	36,9	64,1	78,4	87,1	94,0	99,0		
Исследуемая руда									
-3,0+0	99,5	-	-	-	-	-	-	-	
-1,0+0	31,8	81,5	-	-	-	-	-	-	
-0,5+0	21,3	73,9	98,1	-	-	-	-	-	
1	2	3	4	5	6	7	8		
-0,2+0	8,5	49,7	82,3	99,7	-	-	-		
-0,074+0		2,7	23,8	49,6	76,0	88,4	93,9	99,4	
-0,05+0		1,0	17,0	37,2	55,9	70,5	85,2	98,5	

Пример задачи к разделу 2. Рассчитайте показатель контрастности руды по ее фракционному составу (табл. 5.2). Определите категорию руды по контрастности и сделайте вывод о целесообразности преобогащения исследуемой руды.

Таблица 5.2

Номер фракции	Содержание ценного компонента, %				Выход, %
	от	до	β_i		
1	0,0	0,1	0,06	5	
2	0,11	0,2	0,14	10	
3	0,21	0,4	0,32	12	
4	0,41	0,8	0,61	24	
5	0,81	2,0	1,30	32	
6	2,01	5,0	3,40	10	
7	5,01	10,0	7,50	7	

Рассчитать коэффициент измельчаемости исследуемой руды при ее измельчении от крупности 15% класса $-0,074$ мм до 75%. Аналоговая руда имеет насыпную плотность 2,4 т/м³, исследуемая руда – 2,14 т/м³. Измельчение произведено в лабораторной шаровой мельнице 106 МЛ-6 вместимостью 14 дм³. Коэффициент заполнения мельницы рудой – 0,12.

Критерии оценивания.

Выполненная работа оценивается на:

«отлично» - при правильном решении задачи с корректным оформлением всех этапов расчета. Обучающийся способен ответить на вопросы преподавателя относительно выполненной задачи и обосновать решение.

«хорошо» - при правильном решении задачи и незначительных ошибках в оформлении этапов расчета. Обучающийся способен ответить на вопросы преподавателя относительно выполненной задачи и обосновать решение.

«удовлетворительно» - при наличии ошибок в расчете, уверенно исправленными после вспомогательных вопросов преподавателя.

«неудовлетворительно» - при неверном решении задачи, непонимании сущности излагаемого вопроса, неуверенности и неточности ответов после вспомогательных вопросов преподавателя.

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-2.7	Способен определить методы, необходимые для исследования полезных ископаемых на обогатимость на основе анализа их горно-геологических свойств и характеристик с целью оптимизации процессов обогащения	Устное собеседования по вопросам к зачету

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 5, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Для получения зачета по изучаемому предмету, обучающемуся необходимо выполнить в течение семестра все практические работы.

Зачет проводится в виде устного ответа на контрольные вопросы. Обучающемуся предоставляются два вопроса по теме изученного курса. Для подготовки ответа обучающемуся отводится от 10 до 20 минут. преподаватель может задавать дополнительные вопросы по теме, с целью более полной оценки знаний обучающегося.

Пример задания:

Контрольные вопросы для проведения зачета

1. Какие цели реализуются при выполнении исследований полезных ископаемых на обогатимость?
2. Основные этапы исследований на обогатимость и последовательность их выполнения.
3. Виды технологических проб и их целевое назначение.
4. Способы отбора проб на месторождении и на обогатительной фабрике.
5. Основные операции, выполняемые при подготовке проб к исследованиям на обогатимость.
6. Оборудование, применяемое при подготовке технологических проб к анализам.
7. Особенности подготовки пульповых проб.
8. Гранулометрический состав руды и методы определения гран.состава.
9. Ситовой анализ руд и продуктов обогащения. Обработка экспериментальных данных.

10. Плотность минералов и методы определения плотности.
11. Магнитные характеристики минералов.
12. Методы измерения удельной магнитной восприимчивости минералов, руд и продуктов обогащения.
13. Диэлектрическая проницаемость минералов и методы ее измерения.
14. Экспериментальные методы определения удельной поверхности минералов. Применяемые приборы.
15. Основные механические свойства горных пород и минералов.
16. Дробимость и показатель дробимости. Методики определения.
17. Измельчаемость минерального сырья. Типы лабораторных мельниц. Расчет показателей измельчаемости руд.
18. Раскрываемость минералов. Показатели раскрытия вкрапленного сырья.
19. Минералогический анализ. Методика проведения. Виды проб для мин.анализа.
20. Виды минералогических анализов. боры.
21. Способы определения элементного состава руд, минералов и продуктов обогащения.
22. Классификация минералов по химическому составу и ценности.
23. Люминесцентный и фазовый анализы.
24. Методы гравитационного обогащения минерального сырья, область и основное условие возможного применения.
25. Основные стадии испытания полезного ископаемого на обогатимость гравитационными методами.
26. Методы гравитационного анализа полезных ископаемых различной крупности.
27. Методика лабораторных испытаний обогатимости полезного ископаемого в тяжелых суспензиях. Оценка эффективности обогащения в тяжелых суспензиях.
28. Коэффициент равнопадаемости и его использование для оценки пригодности отсадки как метода обогащения.
29. Построение кривых обогатимости по результатам отсадки полезного ископаемого.
30. Этапы, испытаний на обогатимость полезных ископаемых, содержащих минералы с магнитными свойствами.
31. Особенности выполнения магнитного анализа. Аппараты для магнитного анализа.
32. Расчет, построение и применение кривых магнитной обогатимости полезных ископаемых.
33. Классификация минералов по флотуруемости.
34. Подготовка проб минерального сырья к исследованию на обогатимость методом флотации.
35. Схемы флотационного обогащения. Факторы, определяющие выбор флотационной схемы.
36. Особенности выполнения опытов флотации руд в замкнутом цикле.
37. Флотация крупнозернистого материала.
38. Флотационное разделение тонких частиц.
39. Флотационные реагенты. Классификация, режимы использования.
40. Лабораторные флотомшины.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Твердо знает материал, касающийся выбора оптимального комплекса исследования руд на обогатимость на основе анализа горно-геологических	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не владеет технической терминологией

<p>характеристик минерального сырья и вмещающих пород и принципов комплексного освоения природных ресурсов. Грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно и корректно применяет терминологию предмета</p>	
--	--

7 Основная учебная литература

1. Леонов С. Б. Исследование полезных ископаемых на обогатимость : учеб. пособие для вузов по специальности "Обогащение полез. ископаемых" / С. Б. Леонов, О. Н. Белькова, 2001. - 631.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Митрофанов С. И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость / С. И. Митрофанов, 1962. - 580.

2. Митрофанов Спиридон Иванович. Исследование полезных ископаемых на обогатимость : учеб. пособие для вузов по специальности "Обогащение полез. ископаемых" / С. И. Митрофанов, Л. А. Барский, В. Д. Самыгин, 1974. - 351.

3. Тарчевская И. Г. Исследование полезных ископаемых на обогатимость : учеб. пособие / И. Г. Тарчевская; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева, 1987. - 72.

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 Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
3. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер P4500/1024*2/160/GF256Mb/DVD-RW/Samsung LCD 19/кл/мышь/сет. фильтр

2. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.