

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»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №9 от 07 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ»

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Обогащение полезных ископаемых

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Васильев Андрей
Анатольевич
Дата подписания: 16.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Федотов Константин
Вадимович
Дата подписания: 17.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Гидрометаллургические методы переработки минерального сырья» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-3 Способность выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых и составлять необходимую документацию	ПКС-3.10
ПКС-4 Способность выбирать и рассчитывать основные техно-логические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья	ПКС-4.9

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-3.10	Способен использовать основные принципы гидрометаллургических методов переработки полезных ископаемых при выборе технологии производства работ по переработке руд	Знать Знать технологию производства работ с использованием гидрометаллургических методов переработки минерального сырья, выбирать и рассчитывать необходимое оборудование Уметь Уметь выбирать технологию производства работ с использованием гидрометаллургических методов переработки минерального сырья, выбирать и рассчитывать необходимое оборудование Владеть Владеть навыками выбора технологии производства работ с использованием гидрометаллургических методов переработки минерального сырья, выбирать и рассчитывать необходимое оборудование
ПКС-4.9	Способен выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке минерального сырья с использованием гидрометаллургических методов	Знать Знать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке минерального сырья с использованием гидрометаллургических методов Уметь Уметь выбирать основные технологические параметры

		эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке минерального сырья с использованием гидрометаллургических методов Владеть Владеть навыками расчета основных технологических параметров эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке минерального сырья с использованием гидрометаллургических методов
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Гидрометаллургические методы переработки минерального сырья» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Гравитационные методы обогащения», «Основы электротехники», «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Флотационные методы обогащения», «Математика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика : преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 5	Учебный год № 6
Общая трудоемкость дисциплины	180	36	144
Аудиторные занятия, в том числе:	20	2	18
лекции	10	2	8
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	10	0	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	151	34	117
Трудоемкость промежуточной аттестации	9	0	9
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен, Курсовой проект		Экзамен, Курсовой проект

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

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	Теоретические основы процессов выщелачивания	1	2					1, 2	34	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Учебный год № 6

№ 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	Сорбционное концентрировани е металлов	2	2			1, 2, 3, 4	10	2, 3	48	Письменн ый опрос
2	Теоретические основы и аппаратура процесса разделения суспензий	1	2					4	9	Устный опрос
3	Экстракционные методы разделения и извлечения металлов	3	2							Устный опрос
4	Извлечение металлов из растворов	4	2							Устный опрос
	Промежуточная аттестация								9	Экзамен, Курсовой проект
	Всего		8				10		66	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Теоретические основы процессов выщелачивания	1.1 Термодинамика процессов выщелачивания.1.1.1 Термодинамика простого растворения;1.1.2 Характеристика растворителей;1.1.3 Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающихся химической реакцией;1.1.4 Оценка термодинамической возможности протекания процессов выщелачивания;1.2 Кинетика процессов

		выщелачивания.1.2.1 Общее уравнение потока выщелачивания;1.2.2 Признаки протекания процесса во внешней диффузионной области;1.2.3 Закономерности протекания процесса кинетической области;1.2.4 Особенности кинетики гетерогенных реакций;1.2.5 Кинетика и механизм выщелачивания сульфидов присутствии кислорода;1.2.6 Способы активации твердых тел;1.3 Аппаратура для выщелачивания.1.3.1 Аппараты для проточного выщелачивания;1.3.2 Аппараты для агитационного выщелачивания;1.3.3 Выщелачивание в автоклавах;1.3.4 Схемы выщелачивания.
--	--	--

Учебный год № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Сорбционное концентрирование металлов	3.1Понятие ионообменных процессов;3.1.1 Состав и методы синтеза ионообменных смол;3.1.2 Основные характеристики ионообменных смол;3.1.3 Кинетика ионного обмена;3.1.4 Оборудование для осуществления ионообменных процессов;
2	Теоретические основы и аппаратура процесса разделения суспензий	2.1 Сгущение;2.2 Фильтрация
3	Экстракционные методы разделения и извлечения металлов	4.1 Количественные характеристики эффективности процессов экстракции;4.2 Общие положения термодинамики экстракционных процессов;4.3 Кинетика и механизм процессов экстракции;4.4 Экстракционное оборудование;
4	Извлечение металлов из растворов	5.1 Влияние различных факторов на растворимость труднорастворимых соединений.5.1.1 Выделение труднорастворимых соединений;5.1.2 Условия осаждения гидроксидов и основных солей;5.1.3 Особенности осаждения фосфатов, хлоридов, фторидов, карбонатов, цианидов и оксалатов;5.1.4 Разделение металлов осаждением труднорастворимых соединений. Закономерности осаждения примесей;5.2 Способы и аппаратура для проведения цементации.5.2.1 Механизм и кинетика цементации;5.2.2 Количественные закономерности процесса цементации;5.2.3 Цементационное оборудование;5.3 Кристаллизация солей;5.3.1 Понятие и количественные характеристики пересыщенных водных растворов;5.3.2 Факторы, влияющие на устойчивость пересыщенных растворов;5.3.3 Образование зародышей в процессе кристаллизации солей;5.3.4 Использование кристаллизации для очистки солей от примесей и разделения близких по свойствам

		элементов;5.3.5 Выделение металлов из растворов методом электролиза.
--	--	--

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет механического агитатора с пропеллерной мешалкой	3
2	Расчет пачука	3
3	Расчет каскада ионообменных колонных аппаратов	2
4	Расчет механического агитатора с рамной мешалкой	2

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	8
2	Проработка разделов теоретического материала	26

Учебный год № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	60
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	25
3	Подготовка к практическим занятиям	23
4	Проработка разделов теоретического материала	9

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: семинар в диалоговом режиме, групповая дискуссия, проектный подход.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Гидрометаллургические методы переработки полезных ископаемых : методические указания к выполнению курсового проекта / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2016. - 42 с

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Гидрометаллургические методы переработки полезных ископаемых : методические указания по выполнению практических работ/ Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 42 с

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Гидрометаллургические методы переработки полезных ископаемых : методические указания по самостоятельной работе / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2016. - 42 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 учебный год 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры: устный опрос проводится в начале занятия выборочно среди обучающихся.

Вопросы для контроля:

- Термодинамика простого растворения;
- Характеристика растворителей

Критерии оценивания.

- «5» – ответил на все вопросы правильно;
- «4» - ответил на все вопросы с 1-2 ошибками;
- «3» – часто ошибался, ответил правильно только на половину вопросов;
- «2» – почти ничего не смог выполнить правильно;
- «1» – вообще не ответил на вопросы.

6.1.2 учебный год 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Тема: Теоретические основы и аппаратура процесса разделения суспензий.

Описание процедуры: устный опрос проводится в начале занятия выборочно среди обучающихся.

Вопросы для контроля:

- Теория сгущения;
- Фильтрация пульпы.

Тема: Экстракционные методы разделения и извлечения металлов.

Описание процедуры: устный опрос проводится в начале занятия выборочно среди обучающихся.

Вопросы для контроля:

- Теория экстракционных методов разделения и извлечения металлов;
- Оборудование для экстракционных методов разделения и извлечения металлов.

Тема: Извлечение металлов из растворов.

Описание процедуры: устный опрос проводится в начале занятия выборочно среди обучающихся.

Вопросы для контроля:

- Способы извлечения металлов из растворов;
- Оборудование для извлечения металлов из растворов.

Критерии оценивания.

- «5» – ответил на все вопросы правильно;
- «4» - ответил на все вопросы с 1-2 ошибками;
- «3» – часто ошибался, ответил правильно только на половину вопросов;
- «2» – почти ничего не смог выполнить правильно;
- «1» – вообще не ответил на вопросы.

6.1.3 учебный год 6 | Письменный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры: письменный опрос проводится в начале занятия среди всех обучающихся.

Вопросы для контроля:

- Понятие ионообменных процессов;
- Состав и методы синтеза ионообменных смол;

Критерии оценивания.

- «5» – ответил на все вопросы правильно;
- «4» - ответил на все вопросы с 1-2 ошибками;
- «3» – часто ошибался, ответил правильно только на половину вопросов;
- «2» – почти ничего не смог выполнить правильно;
- «1» – вообще не ответил на вопросы.

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-3.10	Способность использовать основные принципы гидрометаллургических методов обогащения полезных ископаемых при выборе технологии производства работ по переработке руд	Курсовой проект
ПКС-4.9	Способность выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке минерального сырья с использованием гидрометаллургических методов	зачет, экзамен

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

1. Экзамены проводятся в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Не допускается проведение экзамена на последних семинарских, либо лекционных занятиях.
2. Экзамен должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории.
3. Преподаватель принимает экзамен только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.
4. Критерии оценки ответа студента на экзамене, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения студентов до начала экзамена.
5. Результат экзамена 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 экзамена в ведомости вместо оценки делается запись «не явился».
6. В экзаменационной 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.
7. Если в процессе экзамена студент использовал недопустимые дополнительные материалы (шпаргалки), то экзаменатор имеет право изъять шпаргалку и обязан поставить оценку «неудовлетворительно».

Вопросы к экзамену:

1. Расчет термодинамических показателей процессов выщелачивания
2. Расчет кинетических характеристик процессов выщелачивания
3. Сорбция металлов из раствора.
4. Сорбционное выщелачивание.
5. Перколяционное выщелачивание
6. Агитационное выщелачивание.
7. Способы очистки растворов.
8. Кристаллизация.
9. Цементация.
10. Сорбция.
11. Электролиз.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Оценка «отлично» ставится студенту, который умеет производить расчет оборудования гидрометаллургических предприятий, а также способен	Оценка «хорошо» ставится студенту, ответ которого свидетельствует: о полном знании материала по программе; о знании рекомендованной	Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, ответ которого содержит: поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания	Оценки «неудовлетворительно» ставятся студенту, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему

составлять технологические и аппаратурно-транспортные схемы технологических процессов, применяемых при производстве металлов из минерального и вторичного сырья	литературы, а также содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.	лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса; стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения.	принципиальные ошибки при изложении материала.
---	---	--	--

6.2.2.2 Учебный год 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Тема курсового проекта: Повышение эффективности выщелачивания цветных металлов. Курсовая работа выполняется всеми студентами. В начале выполнения работы выдается индивидуальное задание с исходными характеристиками процесса выщелачивания.

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Оценка «отлично» ставится студенту, который умеет производить расчет оборудования гидрометаллургических предприятий, а также способен составлять технологические и аппаратурно-транспортные схемы технологических процессов, применяемых при производстве металлов из минерального и вторичного сырья	Оценка «хорошо» ставится студенту, ответ которого свидетельствует: о полном знании материала по программе; о знании рекомендованной литературы, а также содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.	Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, ответ которого содержит: поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса; стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения.	Оценки «неудовлетворительно» ставятся студенту, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

7 Основная учебная литература

1. Леонов С. Б. Гидрометаллургия : учебник для вузов по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов": [В 2-х ч.]. Ч. 2. Выделение металлов из растворов и вопросы экологии / С. Б. Леонов, Г. Г. Минеев, И. А. Жучков, 2000. - 491.
2. Леонов С. Б. Гидрометаллургия : учеб. для вузов по специальности 110200 "Металлургия цв. металлов" : [в 2 ч.]. Ч. 1. Рудоподготовка и выщелачивание / С. Б. Леонов, Г. Г. Минеев, И. А. Жучков, 1998. - 702.
3. Вольдман Г. М. Теория гидрометаллургических процессов : учеб. пособие для вузов по специальности "Хим. технология ред. металлов и материалов на их основе" / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман, 2003. - 462.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов, 2008. - 375.
2. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов, 2009. - 611.
3. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов, 2009. - 281.

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 Professional 8 Russian
2. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010_(артикул 021-09683)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер ATX CD7200/1Gb/250/PCI-E512GF9500/DVD-RW/LCD 19/кл/мышь/сет.фильтр
2. Ноутбук Asus(X555LN)(HD)