

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.10.2023 14:47:43

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Процессы и аппараты гидрометаллургического производства

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Металлы высоких технологий

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

90

самостоятельная работа

99

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	90	90	90	90
Контактная работа	90	90	90	90
Сам. работа	99	99	99	99
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

д.т.н., проф., Богатырева Елена Владимировна

Рабочая программа

Процессы и аппараты гидрометаллургического производства

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия, 22.04.02-ММТ-23-18.plx Металлы высоких технологий, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Металлы высоких технологий, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 14.03.2023 г., №11

Руководитель подразделения Тарасов Вадим Петрович, д.т.н., профессор

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также приобретение студентом теоретических знаний и практических умений и навыков в области процессов и аппаратов гидрометаллургического производства металлов высоких технологий.
1.2	Задачи:
1.3	- изучение термодинамических и кинетических закономерностей процессов, составляющих основу современных гидрометаллургических схем производства металлов высоких технологий;
1.4	- овладение принципами научного анализа закономерностей процессов, протекающих в водных растворах, с целью оптимизации режимов проведения технологических операций, выдачи рекомендаций по интенсификации, а также выбора аппаратов для их осуществления
1.5	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Научно-исследовательская практика	
2.2.2	Процессы и аппараты электрометаллургического производства	
2.2.3	Ресурсо- и энергосбережение в производстве легких редких металлов, ч.1	
2.2.4	Ресурсо- и энергосбережение в производстве редкоземельных металлов, ч.1	
2.2.5	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.1	
2.2.6	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тяжелых цветных металлов и сопутствующих элементов, ч.1	
2.2.7	Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.8	Автогенные процессы цветной металлургии	
2.2.9	Новые направления экстрактивной металлургии	
2.2.10	Получение особо чистых веществ	
2.2.11	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.2.12	Ресурсо- и энергосбережение в производстве легких редких металлов, ч.2	
2.2.13	Ресурсо- и энергосбережение в производстве редкоземельных металлов, ч.2	
2.2.14	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.2	
2.2.15	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тяжелых цветных металлов и сопутствующих элементов, ч.2	
2.2.16	Управление проектами	
2.2.17	Цифровизация производства	
2.2.18	Экоаудит металлургических технологий	
2.2.19	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.20	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии
Знать:
ОПК-1-31 Теоретические и технологические основы процессов и технологий производства металлов высоких технологий и их соединений
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Знать:
УК-1-31 Методики/методы анализа продукции, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии
Уметь:

ОПК-1-У1 Решать профессиональные задачи в области металлургии металлов высоких технологий используя фундаментальные знания
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Уметь:
УК-1-У1 Решать нестандартные задачи профессиональной деятельности в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии
Владеть:
ОПК-1-В1 Навыками типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства металлов высоких технологий и их соединений
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Владеть:
УК-1-В1 Навыками решения нестандартных задач профессиональной деятельности в условиях неопределенности с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Введение							
1.1	Задачи курса. Принципиальная гидрометаллургическая схема переработки сырья, её структура. Основы гидравлики. Трубопроводы. Маркировка и обозначение трубопроводов и элементов трубопроводов на технологических схемах. Насосы и транспортные устройства /Лек/	1	4	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.10Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.2	Задачи гидростатики и гидродинамики /Пр/	1	4	ОПК-1-У1 УК-1-У1	Л1.1 Э1			Р1
1.3	Домашнее задание №1. Расчет мощности центробежного насоса /Ср/	1	5	ОПК-1-В1	Л3.1 Э1			Р2
	Раздел 2. Выщелачивание							

2.1	Термодинамика процесса выщелачивания. Виды выщелачивания. Термодинамика простого растворения. Свойства воды как растворителя. Энергия гидратации ионов. Энергия кристаллической решетки. Методы их определения. Оценка термодинамической вероятности процесса выщелачивания. Методы экспериментального определения и расчета энергии Гиббса и константы равновесия для реакций различных типов. Диаграммы потенциал — рН (диаграммы Пурбэ) /Лек/	1	4	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.2 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.2			
2.2	Экспериментальные и расчетные методы определения константы равновесия реакции. Определение термодинамической вероятности процесса выщелачивания. Расчёт термодинамически необходимого количества реагента /Пр/	1	2	ОПК-1-У1 УК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.6 Э1			РЗ

2.3	Кинетика процесса выщелачивания. Общее уравнение потока выщелачивания, вывод. Области протекания процесса. Понятие лимитирующей стадии. Особенности кинетики процесса с участием газообразного реагента. Закономерности протекания процесса во внешнедиффузионной области. Метод вращающегося диска и преимущества его использования для исследования кинетики взаимодействия в системе “твердое - жидкость”. Виды внутридиффузионного сопротивления. Критерий Пиллинга – Бедвордса. Закономерности протекания процесса в кинетической области. Общее дифференциальное уравнение скорости химической реакции. Методика экспериментального исследования кинетики выщелачивания: выявление зависимости скорости от гидродинамического режима, температуры, определение порядка реакции по реагенту, энергии активации. Признаки протекания процесса во внешне -, внутридиффузионной и кинетической областях. Кинетика выщелачивания дисперсных материалов. Роль геометрии зерна, эмпирические уравнения зависимости изменения поверхности во времени. Влияние дефектов кристаллической структуры на кинетику выщелачивания. Способы интенсификации процесса выщелачивания /Лек/	1	4	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.2 Л1.5 Л1.7			
2.4	Анализ кинетических закономерностей процесса выщелачивания с целью оптимизации режимов и выдачи рекомендаций по их интенсификации /Пр/	1	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 УК-1-У1	Л1.2 Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Э1			Р4
2.5	Лабораторная работа №1. Исследование кинетики процесса выщелачивания /Лаб/	1	4	ОПК-1-В1 УК-1-В1	Л3.2			

2.6	Основные типы аппаратов выщелачивания и фильтрования. Режимы выщелачивания. Использование кинетических закономерностей для выбора аппаратов и расчета их производительности. Условные обозначения аппаратов емкостного типа, отстойников и фильтров /Лек/	1	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.3 Л1.10Л2.2 Э1			
2.7	Расчеты аппаратов выщелачивания /Пр/	1	2	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.10Л3.1 Л3.4			Р6
2.8	Лабораторная работа №2. Расчет каскада выщелачивания /Лаб/	1	2	ОПК-1-В1	Л1.2Л3.2			Р7
2.9	Домашнее задание №2. Термодинамика процесса выщелачивания. Расчет расхода реагента /Ср/	1	5	ОПК-1-В1	Л1.5 Л1.6Л2.2			Р8
2.10	Домашнее задание №3. Кинетика процесса выщелачивания /Ср/	1	5	ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л1.1			Р9
2.11	Домашнее задание №4. Расчеты аппаратов выщелачивания, сгущения, фильтрования /Ср/	1	30	ОПК-1-В1	Л1.1Л3.1			Р10
	Раздел 3. Экстракция							
3.1	Общая характеристика. Области использования. Требования к экстрагентам. Классификация экстракционных процессов и типы экстрагентов. Механизмы экстракции. Основное условие разделение металлов экстракцией. Кинетика экстракции. Синергетный эффект. Расчет числа теоретических ступеней экстракции. Аппараты и каскады экстракции /Лек/	1	6	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8 Л1.10 Э1			
3.2	Термодинамические расчеты процесса экстракции. Аналитический и графический расчет теоретических ступеней экстракции. Принципы соединения экстракторов в каскады и их расчёт для извлечения и разделения металлов. Расчет аппаратов экстракции /Пр/	1	6	ОПК-1-У1 УК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.10			
3.3	Лабораторная работа №3. Исследование процесса экстракции редких металлов трибутилфосфатом /Лаб/	1	2	ОПК-1-В1 УК-1-В1	Л3.2			

3.4	Домашнее задание №5. Термодинамические расчеты процесса экстракции /Ср/	1	6	ОПК-1-У1	Л1.6			
3.5	Домашнее задание №6. Расчет каскада экстракторов при полном противотоке /Ср/	1	5	ОПК-1-В1	Л3.1			
	Раздел 4. Ионный обмен							
4.1	Общая характеристика. Области применения. Типы ионитов, их строение. Основные количественные характеристики. Равновесие и селективность ионного обмена. Кинетика ионного обмена. Ионный обмен в колоннах и из пульпы. Сорбционное выщелачивание. Аппараты ионного обмена. Электродиализ /Лек/	1	6	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.7 Л1.8 Л1.10 Э1			
4.2	Термодинамические и кинетические расчёты ионообменных процессов. Расчет аппаратов и каскадов ионного обмена /Пр/	1	6	ОПК-1-У1 УК-1-У1	Л1.1 Л1.6Л2.1Л3.1			
4.3	Лабораторная работа №4. Исследование процесса ионного обмена /Лаб/	1	4	ОПК-1-В1 УК-1-В1	Л3.2			
4.4	Домашнее задание №7. Термодинамические и кинетические расчеты процесса ионного обмена /Ср/	1	6	ОПК-1-У1	Л1.2 Л1.1 Л1.6 Л1.8			
4.5	Домашнее задание №8. Расчет каскада ионообменных колонных аппаратов /Ср/	1	6	ОПК-1-В1	Л3.1			
	Раздел 5. Осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов и кристаллизация							

5.1	<p>Факторы, влияющие на растворимость малорастворимых соединений (гидролиз аниона или катиона, ионная сила раствора, рН раствора, присутствие комплексообразующих лигандов). Зависимость рН гидратообразования от произведения растворимости гидроксида, активности иона металла в растворе, заряда иона. Условия осаждения основных солей и сульфидов.Разделение металлов осаждением труднорастворимых соединений. Закономерности соосаждения примесей. Изоморфное, адсорбционное соосаждение. Термодинамика кристаллизации. Диаграммы двух – и трехкомпонентных систем с участием воды. Способы создания пересыщенных растворов, их количественные характеристики, факторы устойчивости. Гомогенный и гетерогенный механизм образования зародышей. Скорость массовой кристаллизации. Процессы и аппараты процесса кристаллизации и осаждения малорастворимых соединений. Условные обозначения теплообменных аппаратов /Лек/</p>	1	6	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.1 Л1.4 Л1.7 Л1.10 Э1			
5.2	<p>Условие осаждение малорастворимых соединений из растворов. Термодинамика кристаллизации соединений металлов из растворов. Диаграммы растворимости двойных и тройных систем с участием воды. Технологические расчеты процессов и аппаратов осаждения малорастворимых соединений и кристаллизации /Пр/</p>	1	6	ОПК-1-У1 УК-1-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.1 Л1.4 Л1.6Л3.1 Э1			

5.3	Лабораторная работа №5. Исследование процесса осаждения малорастворимых соединений /Лаб/	1	4	ОПК-1-В1 УК-1-В1	Л3.2			
5.4	Домашнее задание №9. Кристаллизация и осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов /Ср/	1	5	ОПК-1-У1 УК-1-У1	Л1.1 Л1.4 Л1.6			
5.5	Домашнее задание №10. Расчет трехкорпусной выпарной установки /Ср/	1	12	ОПК-1-У1	Л3.1			
5.6	Домашнее задание №11. Расчет шнекового кристаллизатора /Ср/	1	6	ОПК-1-У1	Л3.1			
	Раздел 6. Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами. Цементация							
6.1	Термодинамика восстановления водородом. Механизм и кинетика восстановления водородом. Выделение малорастворимых оксидов низшей валентности. Восстановление другими газами. Термодинамика процесса цементации. Требования к цементатору. Механизм и кинетика цементации: основные стадии процесса, виды поляризации. Диффузионная и электрохимическая кинетика. Скорость цементации. Побочные процессы, способы проведения и аппаратура процесса цементации /Лек/	1	4	ОПК-1-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.10 Э1			
6.2	Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементации /Пр/	1	6	ОПК-1-У1 УК-1-У1	Л1.4 Л1.6 Э1			
6.3	Лабораторная работа №6. Исследование закономерностей выделения металлов цементацией /Лаб/	1	2	ОПК-1-В1 УК-1-В1	Л3.2			
6.4	Домашнее задание №12. Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементацией /Ср/	1	8	ОПК-1-У1	Л1.4 Л1.6			

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чем определяется диссоциирующие свойства воды как растворителя ионных соединений? 2. Почему при значительных отрицательных значениях энергии Гиббса реакция может не протекать? 3. Как экспериментально определить константу равновесия при температурах выше и ниже 100 оС? 4. Почему при повышении температуры энергия активации процесса как правило уменьшается? 5. Как объяснить отрицательный порядок процесса по реагенту? 6. Преобразовать общее уравнение потока для заданных характеристиках процесса выщелачивания. 7. В каких случаях используют выщелачивание в автоклавах? 8. Какие ионогенные группы входят в состав катионитов , анионитов и амфолитов? 9. Каковы закономерности пленочной и гелевой кинетики в процессе ионного обмена? 10. Что такое элюэтная хроматография? 11. Что такое КПД использования емкости смолы? 12. Что такое ПОЕ, ДОЕ, РОЕ, СОЕ? 13. Что такое электродиализ? Каково его применение? 14. Каковы области применения жидкостной экстракции? 15. Перечислить основные количественные характеристики процесса экстракции. 16. Каковы механизмы процесса экстракции? 17. Какие стадии могут лимитировать процесс экстракции? 18. Что такое произведение растворимости и растворимость малорастворимого соединения? 19. Что такое изоморфизм? 20. Перечислить возможные варианты соосаждения примесей? 21. Каковы закономерности осаждения гидроксидов, основных солей, сульфидов? 22. Каковы количественные характеристики пересыщенных растворов? 23. В чем отличия условия массовой кристаллизации от условий роста одиночного кристалла? 24. Какие схемы дробной кристаллизации используют для разделения близких по свойству металлов? 25. как изменится потенциал металла, если в раствор ввести комплексообразующий лиганд?
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Практическое занятие "Задачи гидростатики и гидродинамики"	ОПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задачи гидростатики; 2. Внутренняя задача гидродинамики; 3. Внешняя задача гидродинамики
Р2	Домашнее задание №1. Расчет мощности центробежного насоса	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Расчет мощности центробежного насоса для заданных условий
Р3	Практическое занятие "Термодинамика процесса выщелачивания"	ОПК-1-У1;УК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экспериментальные и расчетные методы определения константы равновесия реакции; 2. Определение термодинамической вероятности процесса выщелачивания; 3. Расчёт термодинамически необходимого количества реагента

P4	Практическое занятие "Кинетика процесса выщелачивания"	ОПК-1-У1;УК-1-У1	Анализ кинетических закономерностей процесса выщелачивания с целью оптимизации режимов и выдачи рекомендаций по их интенсификации
P5	Лабораторная работа №1. Исследование кинетики процесса выщелачивания	ОПК-1-В1;УК-1-В1	1. Освоение методики проведения экспериментов по кинетике выщелачивания для определения лимитирующей стадии; 2. Разработка рекомендаций по интенсификации исследуемого процесса выщелачивания Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P6	Практическое занятие "Аппараты процесса выщелачивания"	ОПК-1-У1	Расчеты аппаратов выщелачивания
P7	Лабораторная работа №2. Расчет каскада выщелачивания	ОПК-1-В1	Расчет количества аппаратов в каскаде выщелачивания непрерывного действия для заданных условий. Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P8	Домашнее задание №2. Термодинамика процесса выщелачивания. Расчет расхода реагента	ОПК-1-У1	Рассчитать расход реагента для заданных условий
P9	Домашнее задание №3. Кинетика процесса выщелачивания	ОПК-1-У1	Определение кинетических закономерностей процесса выщелачивания с целью оптимизации режимов и выдачи рекомендаций по их интенсификации
P10	Домашнее задание №4. Расчеты аппаратов выщелачивания, сгущения, фильтрования	ОПК-1-У1	Типовые расчеты: 1. Механического агитатора с пропеллерной мешалкой; 2. Механического агитатора с рамной мешалкой; 3. Пачука; 4. Теплового баланса автоклава; 5. Каскада сгустителей-отстойников при противоточной декантации; 6. Расчет барабанного вакуум-фильтра
P11	Практические занятия "Экстракция"	ОПК-1-У1;УК-1-У1	1. Термодинамические расчеты процесса экстракции; 2. Аналитический и графический расчет теоретических ступеней экстракции; 3. Принципы соединения экстракторов в каскады и их расчёт для извлечения и разделения металлов; 4. Расчет аппаратов экстракции
P12	Лабораторная работа №3. Исследование процесса экстракции редких металлов трибутилфосфатом	ОПК-1-В1;УК-1-В1	1. Экспериментальные исследования особенностей процесса экстракции редких металлов ТБФ; 2. Термодинамические расчеты процесса; 3. Определение закономерностей процесса экстракции редких металлов ТБФ Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.

P13	Домашнее задание №5. Термодинамические расчеты процесса экстракции	ОПК-1-У1	1. Определение закономерностей процесса экстракции в заданной системы; 2. Рекомендации по оптимизации процесса
P14	Домашнее задание №6. Расчет каскада экстракторов при полном противотоке	ОПК-1-В1	Определение: 1. объема экстрагента и промывочного раствора; 2. числа ступеней в экстракционной и промывочной частях каскада; 3. концентрации компонентов в рафинате, экстракте и в средней части каскада
P15	Практические занятия "Ионный обмен"	ОПК-1-У1;УК-1-У1	1.Термодинамические и кинетические расчёты ионообменных процессов; 2. Расчет аппаратов и каскадов ионного обмена
P16	Лабораторная работа №4. Исследование процесса ионного обмена	ОПК-1-В1;УК-1-В1	1. Определение закономерностей ионного обмена исследуемой системы; 2. Разработка рекомендаций по оптимизации процесса Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P17	Домашнее задание №7. Термодинамические и кинетические расчеты процесса ионного обмена	ОПК-1-У1;УК-1-У1	Термодинамические и кинетические расчеты процесса ионного обмена в соответствии с заданием
P18	Домашнее задание №8. Расчет каскада ионообменных колонных аппаратов	ОПК-1-У1	Рассчитать каскад сорбции целевого металла из раствора при известных зависимостях ПДОЕ и ДОЕ от УН
P19	Практические занятия "Осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов и кристаллизация "	ОПК-1-У1;УК-1-У1	1.Условие осаждение малорастворимых соединений из растворов; 2. Термодинамика кристаллизации соединений металлов из растворов; 3. Диаграммы растворимости двойных и тройных систем с участием воды; 4. Технологические расчеты процессов и аппаратов осаждения малорастворимых соединений и кристаллизации
P20	Лабораторная работа №5. Исследование процесса осаждения малорастворимых соединений	ОПК-1-В1;УК-1-В1	1. Исследование термодинамических и кинетических особенностей процесса осаждения малорастворимых соединений; 2. Исследование влияния условий осаждения на гранулометрический и химический составы и морфологию осадка Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P21	Домашнее задание №9. Кристаллизация и осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов	ОПК-1-У1	Расчет процессов кристаллизации и осаждения малорастворимых соединений металлов из водных растворов

P22	Домашнее задание №10. Расчет трехкорпусной выпарной установки	ОПК-1-У1	Расчет трехкорпусной выпарной установки для заданных условий
P23	Домашнее задание №11. Расчет шнекового кристаллизатора	ОПК-1-У1	Расчет шнекового кристаллизатора для заданных условий
P24	Практические занятия "Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами. Цементация"	ОПК-1-У1;УК-1-У1	Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементации в соответствии с заданием
P25	Лабораторная работа №6. Исследование закономерностей выделения металлов цементацией	ОПК-1-В1;УК-1-В1	Исследование закономерностей выделения металлов цементацией. Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P26	Домашнее задание №12. Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементацией	ОПК-1-В1	Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементацией

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Примеры экзаменационных вопросов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

- Во сколько раз (примерно) энергия водородной связи отличается от энергии гидратации однозарядного иона? – 1 балл.
- Определить расход реагента в кг NaF на 1 кг CaWO₄ на 95 %-ное извлечение вольфрама в раствор по реакции:
CaWO₄ тв + 2 NaF р-р = Na₂WO₄ р-р + CaF₂ тв,
если K_c= 1; T:Ж=1:4; (M_{Ca}=40, MW = 184). – 3 балла
- Определить термодинамическую вероятность реакции:
UO₂ тв + 2H₂SO₄ р-р = U(SO₄)₂ р-р + 2 H₂O,
если растворение UO₂ ведут при 270С обратным раствором с концентрациями H₂SO₄=0,001 М/л и U(SO₄)₂= 0,01 М/л, а
□Go300K= -11,55 кДж/моль (-2,76 кКал/моль). – 2 балла.
- Какая стадия лимитирует процесс, если для реакции:
Zn + H₂SO₄ = ZnSO₄ + H₂□
поток j = .10⁻⁶ моль/(см².с), исходная концентрация □B□= 10 М/л,
K_v= 10⁻³ с⁻¹? – 2 балла.
- Почему в уравнении: , описывающем растворение NaCl в воде, □ называют эффективной толщиной диффузионного слоя? Изменится ли её величина при растворении KCl в воде? – 2 балла.
- Какими способами (не менее трёх) можно уменьшить внутридиффузионное торможение при выщелачивании, сопровождаем образованием плёнок твёрдых продуктов? – 3 балла.
- Приведите примеры (не менее двух) отрицательного порядка процесса выщелачивания по реагенту. Объясните причины. – 2 балла.
- Предложите способ определения сольватного числа при экстракции La³⁺ раствором ТБФ при избытке высаливателя:
La³⁺ + 3NO₃⁻ + qТБФ = La(NO₃)₃.qТБФ.
Почему в данном случае q=3? – 2 балла.
- При каком pH извлечение Zn²⁺ в органическую фазу при экстракции карбоновой кислотой достигает 90 %, если V_о:V_в=1, а pH_{1/2}= 2? – 2 балла
- В каком случае при анионообменной экстракции комплексных анионов функция коэффициент распределения D от концентрации лиганда имеет максимум? - 1 балл.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

По курсу предусмотрен экзамен. Экзамен проставляется на основе оценок текущего контроля (двух контрольных работ и докладов по двум домашним заданиям) и сдаваемого экзамена по следующей шкале:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объёме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твёрдые и достаточно полные знания в объёме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, чётко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объёме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, даёт неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Касаткин А. Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии	Электронная библиотека	Москва: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1961
Л1.2	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993
Л1.3	Медведев А. С., Стрижко В. С., Коршунов Б. Г.	Теория и аппаратура гидрометаллургических процессов: Разд.: Аппараты для гидрометаллургических процессов: (Ч.1): учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	, 1995
Л1.4	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидрометаллургических процессов: Сб. тестов по процессам выделения металлов и их соединений из водных растворов для студ. спец. 110200, 210200, 090300 N 1834	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2003
Л1.5	Коршунов Борис Георгиевич	Теория гидрометаллургических процессов. Разд. Термодинамика и кинетика процессов выщелачивания: сб. вопросов и задач, учеб. пособие для домаш. работ	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1979
Л1.6	Зеликман Абрам Наумович, Медведев Александр Сергеевич, Коршунов Борис Георгиевич, Зеликман Абрам Наумович	Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 11.02, 01.2, 21.03	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 1992

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.7	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидрометаллургических процессов. Теория и практика гидрометаллургических процессов, лежащих в основе производства цветных и редких металлов: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.8	Медведев А. С., Коршунов Б. Г.	Физико-химические основы и технология сорбционно-экстракционных процессов и проектирование цехов: Раздел: Теория ионного обмена и хроматографии: Учеб. пособие для студ. спец.0402	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1980
Л1.9	Зеликман А. Н., Беляевская Л. В., Медведев А. С., Коршунов Б. Г.	Теория гидрометаллургических процессов: Лабораторный практикум для студентов спец. 402, 402В и 635	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
Л1.10	Медведев Александр Сергеевич, Александров Павел Владимирович	Современные методы и оборудование металлургии и материаловедения. Оборудование гидрометаллургических процессов (N 2929): учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2016

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кулифеев Владимир Константинович, Медведев Александр Сергеевич	Металлургия редкоземельных и радиоактивных редких металлов и проектирование цехов: Разд.: Аффинажные и разделительные процессы в металлургии редкоземельных и радиоактивных металлов: Курс лекций для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1988
Л2.2	Медведев А. С.	Выщелачивание и способы его интенсификации	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Колчин Юрий Олегович, Миклушевский Владимир Владимирович, Богатырева Елена Владимировна, Стрижко Владимир Семенович, Медведев Александр Сергеевич	Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчет аппаратов гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. Металлургия цв. металлов	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л3.2	Богатырева Елена Владимировна, Медведев Александр Сергеевич	Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.3	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидromеталлургических процессов: Сб. тестов для студ. спец. 1102, 2102, 0903	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002
ЛЗ.4	Медведев Александр Сергеевич, Александров Павел Владимирович	Современные методы и оборудование металлургии и материаловедения. Оборудование гидromеталлургических процессов (N 2929): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Учебно-методическая литература для студентов	https://www.studmed.ru
----	--	---

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Физическая химия
П.3	Microsoft Office
П.4	MS Teams
П.5	Moodle

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	База данных FactSage http://www.factsage.com
И.2	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС http://elibrary.misis.ru/
И.3	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
К-222	Учебная аудитория	комплект учебной мебели на 42 рабочих мест, проектор, экран, доска
К-222	Учебная аудитория	комплект учебной мебели на 42 рабочих мест, проектор, экран, доска
К-206	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
К-206	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

<p>Практические занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов.</p> <p>Предусматриваются домашние задания по различным разделам курса в форме подготовки мультимедийных докладов.</p> <p>Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint); - использование при проведении занятий специализированной лаборатории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме; - использование при проведении занятий активных форм обучения - учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров. <p>Дисциплина относится к основополагающим и требует значительного объема самостоятельной работы.</p> <p>Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.</p>

При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Рекомендуемая литература:

Раков Э.Г., Хаустов С.В. Процессы и аппараты производств радиоактивных и редких металлов. Учебник для вузов. М. Металлургия, 1993 (https://www.studmed.ru/rakov-eg-haustov-sv-processy-i-apparaty-proizvodstv-radioaktivnyh-i-redkih-metallov_e4e3aae4169.html)