

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.09.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2eb454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Теория и технология гидрометаллургических производств

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

72

самостоятельная работа

36

часов на контроль

36

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	18	18	18	18
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	36	36	36	36
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Кропачев Андрей Николаевич

Рабочая программа

Теория и технология гидрометаллургических производств

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-22-6.plx Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 22.06.2021 г., №19

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	подготовка специалиста к научно-технической и организационно-методической деятельности, ориентированной на производство цветных и редких металлов из различных видов природного сырья, базирующейся на современном понимании теоретических основ гидрометаллургических процессов
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
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	Информационные технологии	
2.2.3	Металлургия благородных металлов. Комплексное использование сырья и отходов благородных металлов	
2.2.4	Научно-исследовательская работа	
2.2.5	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.2.6	Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика	
2.2.9	Металлургия вторичных легких металлов. Производство легких сплавов	
2.2.10	Металлургия меди и никеля. Комплексное использование сырья и отходов меди и никеля	
2.2.11	Металлургия рассеянных редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов рассеянных редких металлов	
2.2.12	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Комплексное использование сырья и отходов редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.13	Металлургия свинца и цинка. Комплексное использование сырья и отходов свинца и цинка	
2.2.14	Металлургия тугоплавких редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов тугоплавких редких металлов	
2.2.15	Производство глинозема. Комплексное использование сырья и отходов производства глинозема	
2.2.16	Современные экономические проблемы цветной металлургии	
2.2.17	Управление проектами	
2.2.18	Электрометаллургия алюминия и магния. Комплексное использование сырья и отходов алюминия и магния	

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 типовых гидрометаллургических процессов и технологий производства цветных металлов 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, выработать стратегию действий	
Знать:	
УК-1-32 Порядок выполнения экспериментальных работ	
УК-1-31 Основные методы анализа технологических схем гидрометаллургических производств	
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 типовые профессиональные задачи в области гидрометаллургии цветных металлов 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, выработать стратегию действий	

Уметь:
УК-1-У1 Критически анализировать принимаемые технологические решения
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 гидрометаллургического производства цветных металлов 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 Методами оценки правильности принимаемых технологических решений

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. Выщелачивание и переработка получаемых растворов методами экстракции и ионного обмена с целью извлечения и разделения компонентов							
1.1	Термодинамика, кинетика и механизм выщелачивания, экстракции, ионного обмена /Лек/	1	8	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17 Л1.18 Л1.19Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3			
1.2	Определение термодинамической вероятности процесса выщелачивания /Пр/	1	4	УК-1-У1 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р3
1.3	Расчёт термодинамически необходимого количества реагента на реакцию /Пр/	1	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р4

1.4	Методика проведения экспериментов по кинетике выщелачивания с целью определения лимитирующей стадии /Пр/	1	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р5
1.5	Способы интенсификации процесса выщелачивания /Пр/	1	4	УК-1-32 УК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р6
1.6	Понятие о бактериальном, кучном и подземном выщелачивании и способах их реализации /Пр/	1	2	УК-1-У1 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р7
1.7	Термодинамические расчёты по экстракции при различных механизмах /Пр/	1	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р8
1.8	Принципы соединения экстракторов в каскады и их расчёт для извлечения и разделения /Пр/	1	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р9
1.9	Расчёты ионообменных процессов. Понятие о сорбции из пульпы и сорбционном выщелачивании /Пр/	1	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р10

1.10	Исследование кинетических параметров процесса /Лаб/	1	2	УК-1-32 УК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			P15
1.11	Определение числа аппаратов в каскаде выщелачивания /Лаб/	1	2	УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			P16
1.12	Экстракция молибдена из кислых растворов трибутилфосфатом /Лаб/	1	4	УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			P17
1.13	Сорбция молибдена из кислых растворов на анионите /Лаб/	1	4	УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			P18
1.14	Домашнее задание 1 /Ср/	1	14	УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3			P1
	Раздел 2. Кристаллизация и осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов							

2.1	Основы теории кристаллизации соединений из растворов, осаждения малорастворимых солей, сульфидов и гидроксидов /Лек/	1	5	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3			
2.2	Примеры гидролитического разделения соединений металлов и осаждения их из растворов в составе сульфидов, гидроксидов /Пр/	1	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р11
2.3	Термодинамика кристаллизации соединений металлов из растворов /Пр/	1	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р12
2.4	Выделение гидроксидов металлов из растворов /Лаб/	1	4	УК-1-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р19
2.5	Домашнее задание 2 /Ср/	1	14	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3			Р2
	Раздел 3. Электролиз, цементация и восстановление газами для концентрирования растворов и извлечения из них металлов							

3.1	Мембранные процессы, перспективные для гидрометаллургии, и процессы извлечения металлов из растворов цементацией и восстановлением газами /Лек/	1	5	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3			
3.2	Примеры использования цементации и восстановления металлов из растворов газами в цветной металлургии /Пр/	1	2	УК-1-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р13
3.3	Выделение индия из растворов цементацией /Лаб/	1	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р20
3.4	Примеры гидрометаллургических схем для производства цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов /Пр/	1	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р14
3.5	Проработка лекционного и практического материала, подготовка к экзамену /Ср/	1	8	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3		КМ1	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	<p>Стандартный электродный потенциал. Стандартный водородный электрод. Ряд стандартных электродных потенциалов. Количественная характеристика активности окислителей и восстановителей величинами стандартных электродных потенциалов.</p> <p>Комплексные соединения. Образование комплексов. Комплексообразователь, лиганды, координационное число, заряд комплекса. Внутренняя и внешняя сфера комплексного соединения. Скорость химических реакций. Скорость гомогенной и гетерогенной реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов. Кинетическое уравнение гомогенной и гетерогенной реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса</p> <p>Энергетические эффекты химических реакций. Теплота реакции в изобарном и изохорном процессе. Термодинамическое уравнение реакции. Энтальпия образования химического соединения</p> <p>Энтропия. Энтропия как функция термодинамической вероятности состояния системы. Изменение энтропии при фазовых переходах. Определение (расчёт) изменения энтропии в химическом процессе. Энергия Гиббса. Термодинамический критерий самопроизвольного протекания процесса и условие равновесия. Методы расчёта величин изменения энергии Гиббса в химической реакции.</p> <p>Химическое равновесие. Термодинамическое и кинетическое условия химического равновесия. Константа химического равновесия. Расчёт константы равновесия. Химическое равновесие. Термодинамическое и кинетическое условия химического равновесия. Смещение равновесия. Принцип Ле Шателье. Смещение равновесия при изменении состава системы, температуры и давления</p> <p>Фазовое равновесие. Фазовые состояния, фазовые переходы и фазовые равновесия. Диаграмма фазового состояния вещества.</p> <p>Растворы. Состав растворов. Способы выражения концентрации растворов. Электролитическая диссоциация. Сильные электролиты. Активность. Слабые электролиты. Степень диссоциации и константа диссоциации Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Соотношение концентраций ионов H^+ и OH^- в нейтральной, кислой и щелочной средах. Водородный показатель. Шкала рН водных растворов. Цветные индикаторы рН. Электролитическая диссоциация кислот и оснований. Сильные и слабые кислоты и основания Гетерогенные равновесия в растворах труднорастворимых солей. Произведение растворимости. Гидролиз солей. Растворы комплексных соединений. Характеристика комплексных соединений. Первичная и вторичная диссоциация комплексных соединений. Константа нестойкости комплекса. Комплексные кислоты, основания и соли.</p> <p>Экстракционные и сорбционные процессы. Мембранное равновесие. Каскады и способы расчёта числа аппаратов. Электролиз водных растворов. Характеристика электролиза. Определение характера электродных процессов. Уравнения электродных процессов и уравнения электролиза.</p> <p>Кристаллизация. Понятие о пересыщенных растворах.</p>
-----	---------	----------------------------------	---

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	Домашнее задание 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-В1	<p>провести требуемый расчёт</p> <p>Примеры тем домашнего задания 1:</p> <p>1 рассчитать баланс компонента по операциям схемы. Схема состоит из 7 операций, соединённых последовательно, с возвратом части продукта на предыдущие операции.</p> <p>2 Провести расчёт термодинамических параметров уравнений реакций выщелачивания урана серной, азотной, щавелевой и фосфорной кислотой из уранинита</p> <p>3 Провести расчёт ТНК, рассчитать значение кажущейся энергии активации и порядок реакции по реагенту</p>

P2	Домашнее задание 2	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-В1	Провести расчёт параметров экстракционного/сорбционного каскада Примеры тем домашнего задания 2 1 Провести расчёт параметров сорбционного выделения урана из пульпы при исходном содержании урана 0.5 г/л, на ионите типа ... АМП/КУ-2/СГ 2 Провести расчёт параметров разделительного экстракционного каскада РЗМ для достижения требуемой степени разделения металлов А/Б различными (по предложению преподавателя) экстрагентами. Концентрацию принять равной 10 г/л. 3 Провести расчёт экстракционного каскада разделения циркония и гафния их азотнокислых растворов в центробежных экстракторах
P3	Практическая работа 1	ОПК-1-У1;ОПК-1-31;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Определение термодинамической вероятности процесса выщелачивания
P4	Практическая работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Расчёт термодинамически необходимого количества реагента на реакцию
P5	Практическая работа 3	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Методика проведения экспериментов по кинетике выщелачивания с целью определения лимитирующей стадии
P6	Практическая работа 4	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Способы интенсификации процесса выщелачивания
P7	Практическая работа 5	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Понятие о бактериальном, кучном и подземном выщелачивании и способах их реализации
P8	Практическая работа 6	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-32	Термодинамические расчёты по экстракции при различных механизмах
P9	Практическая работа 7	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Принципы соединения экстракторов в каскады и их расчёт для извлечения и разделения
P10	Практическая работа 8	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Расчёты ионообменных процессов. Понятие о сорбции из пульпы и сорбционном выщелачивании
P11	Практическая работа 9	ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;ОПК-1-31	Примеры гидролитического разделения соединений металлов и осаждения их из растворов в составе сульфидов
P12	Практическая работа 10	ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-32	Термодинамика кристаллизации соединений металлов из растворов
P13	Практическая работа 11	ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;ОПК-1-31	Примеры использования цементации и восстановления металлов из растворов газами в цветной металлургии
P14	Практическая работа 12	УК-1-У1;УК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-31	Примеры гидрометаллургических схем для производства цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов
P15	Лабораторная работа 1	ОПК-1-В1;УК-1-В1;УК-1-32;УК-1-У1	Исследование кинетических параметров процесса. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P16	Лабораторная работа 2	ОПК-1-В1;УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-32	Определение числа аппаратов в каскаде выщелачивания. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P17	Лабораторная работа 3	ОПК-1-В1;УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-32	Экстракция молибдена из кислых растворов трибутилфосфатом. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P18	Лабораторная работа 4	УК-1-В1;УК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-32	Сорбция молибдена из кислых растворов на анионите. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P19	Лабораторная работа 5	ОПК-1-В1;УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-32	Выделение гидроксидов металлов из растворов. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР

P20	Лабораторная работа 6	ОПК-1-В1;УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-32	Выделение индия из растворов цементацией. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
-----	-----------------------	----------------------------------	--

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 рН извлечение Zn²⁺ в органическую фазу при экстракции карбоновой кислотой достигает 90 %, если □=1, а рН1/2= 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.

Допускается проставление экзамена на основе БРС.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Зеликман А. Н., Коршунов Б. Г.	Металлургия редких металлов: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1991
Л1.2	Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Богатырева Е. В., Стрижко В. С., Медведев А. С.	Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчет аппаратов гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. Metallurgia цв. металлов	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Зеликман А. Н., Вольдман Г. М., Беляевская Л. В.	Теория гидрометаллургических процессов: Учебник для вузов по спец. 'Металлургия цв. металлов' и 'Хим. технология редких и рассеян. элементов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1983
Л1.4	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л1.5	Медведев А. С., Богатырева Е. В.	Теория гидрометаллургических процессов. Теория и практика гидрометаллургических процессов, лежащих в основе производства цветных и редких металлов: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.6	Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Медведев А. С.	Теория и аппаратура гидрометаллургических процессов: Разд.: Аппараты для гидрометаллургических процессов: (часть 1): Сб. дом. заданий для студ. спец. 110200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л1.7	Кулифеев В. К., Медведев А. С.	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
Л1.8	Медведев А. С., Богатырева Е. В.	Теория гидрометаллургических процессов: Сб. тестов для студ. спец. 1102, 2102, 0903	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002
Л1.9	Медведев А. С., Богатырева Е. В.	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
Л1.10	Медведев А. С.	Выщелачивание и способы его интенсификации	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л1.11	Медведев А. С., Александров П. В.	Современные методы и оборудование металлургии и материаловедения. Оборудование гидрометаллургических процессов (N 2929): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016
Л1.12	Медведев А. С., Богатырева Е. В.	Теория гидрометаллургических процессов: Сб. тестов для студ. спец. 1102, 2102, 0903	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2002

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.13	Медведев А. С., Богатырева Е. В.	Теория гидрометаллургических процессов: Сб. тестов по процессам выделения металлов и их соединений из водных растворов для студ. спец. 110200, 210200, 090300 N 1834	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2003
Л1.14	Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Медведев А. С.	Теория и аппаратура гидрометаллургических процессов: Разд.: Аппараты для гидрометаллургических процессов: (часть 1): Сб. дом. заданий для студ. спец. 110200	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1997
Л1.15	Медведев А. С.	Выщелачивание и способы его интенсификации	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л1.16	Кулифеев В. К., Медведев А. С.	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	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 1988
Л1.17	Медведев А. С., Богатырева Е. В.	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
Л1.18	Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Богатырева Е. В., Стрижко В. С., Медведев А. С.	Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчет аппаратов гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. Металлургия цв. металлов	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006
Л1.19	Медведев А. С., Александров П. В.	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	Богатырева Е. В., Медведев А. С.	Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л2.2	Богатырева Е. В., Колчин Ю. О., Стрижко Л. С.	Экология металлургического производства. Расчеты аппаратов газоочистки: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Ермилов А. Г., Богатырева Е. В.	Предварительная механоактивация: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л2.4	Богатырева Е. В., Медведев А. С.	Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ЭОС Канвас	lms.canvas.ru
Э2	электронная библиотека Эльзевир	www.sciencedirect.com
Э3	Е-библиотека	elibrary.ru

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	MS Teams
П.3	LMS Canvas
П.4	Microsoft Office
П.5	Физическая химия
П.6	Therm_DZ

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-206	Лаборатория "Гидрометаллургических процессов":	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная ИКА EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
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.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Практические занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов.

Предусматриваются домашние задания по различным разделам курса в форме подготовки мультимедийных докладов.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- 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.

Дисциплина относится к основополагающим и требует значительного объема самостоятельной работы.

Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.

При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

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

В связи с использованием во время занятий мультимедийных технологий для проведения практических занятий требуется специализированная мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудиосопровождением и доступом к сети Интернет. Аудитория выбирается в зависимости от количества студентов, изучающих в текущем семестре данную дисциплину, при численности студентов до 30 человек рекомендуется аудитория К222, при численности менее 14 человек - К206