



**Негосударственное частное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Технический университет УГМК»**



29.06.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ  
МЕТАЛЛОВ  
Современные ионообменные процессы в  
металлургии**

Закреплена за кафедрой **металлургии**

Учебный план 22.04.02 **Металлургия**

Квалификация **магистр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	216
в том числе:	
аудиторные занятия	46
самостоятельная работа	157
часов на контроль	13

Виды контроля на курсах:  
экзамены 2  
зачеты 2  
курсовые работы 2

**Распределение часов дисциплины по курсам**

Курс	1		2		Итого	
	уп	рп	уп	рп		
Лекции	4	4	12	12	16	16
Практические	6	6	24	24	30	30
Итого ауд.	10	10	36	36	46	46
Контактная работа	10	10	36	36	46	46
Сам. работа	26	26	131	131	157	157
Часы на контроль			13	13	13	13
Итого	36	36	180	180	216	216

Разработчик программы:

*канд. техн. наук, Тимофеев Константин Леонидович* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Современные ионообменные процессы в металлургии**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия

утвержденного учёным советом вуза от 20.09.2018 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**металлургии**

Протокол методического совета университета от 15.04.2021 г. № 3

Зав. кафедрой Лебедь А.Б., д-р техн. наук

<b>1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
Сформировать у магистранта знания навыки и умения в выборе ионообменных смол и экстрагентов для вариативных задач в гидрометаллургии:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- в определении оптимальных условий применения сорбентов и экстрагентов;</li> <li>- расчёте емкости и определении селективности сорбентов и экстрагентов;</li> <li>- определении количества ступеней сорбции и экстракции, выборе оборудования для процесса.</li> </ul>	
<b>1.1 Задачи</b>	
Задачами освоения дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий;</li> <li>-способность решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии;</li> <li>-способность находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности;</li> <li>-способность применять IT-технологии в профессиональной деятельности;</li> <li>-способность обрабатывать и анализировать результаты мониторинга технологического процесса;</li> <li>-способность управлять технологическими процессами обогащения и переработки сырья, получения цветных металлов и сплавов, а также изделий из них;</li> <li>-способность прогнозировать работоспособность объектов металлургического производства в различных условиях эксплуатации;</li> <li>-способность анализировать технологические процессы для выбора путей, мер и средств внедрения наукоемких, экологичных и безопасных технологий</li> <li>-способность проводить экономический анализ затрат и результативности технологического процесса.</li> </ul>	
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Гидрометаллургические и электрохимические процессы комплексной переработки сырья
2.1.2	Современные пирометаллургические процессы комплексной переработки сырья
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика
2.2.3	Гидрометаллургические и электрохимические процессы комплексной переработки сырья
2.2.4	Современные пирометаллургические процессы комплексной переработки сырья
2.2.5	Государственная итоговая аттестация
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии</b>	
ИОПК 1.3: Владеет: навыками поиска и устранения причин появления нестандартных ситуаций в ограниченных временем условиях	
ИОПК 1.1: Знает: физико-химические основы металлургических процессов, характеристики и принципы действия оборудования, используемого в технологических процессах получения цветных металлов и их сплавов, а также сопряжённых процессов	
ИОПК 1.2: Умеет: выявлять причины несоответствия параметров технологического процесса, корректировать их в соответствии с ТУ	
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности</b>	
ИОПК 4.1: Знает: принципы и подходы к поиску, хранению и обработке информации с использованием IT-технологий; технологию получения цветных металлов и сплавов, перечень технологических параметров	
ИОПК 4.2: Умеет: использовать современное программное обеспечение и математический аппарат для анализа, контроля и управления технологическими процессами получения цветных металлов и сплавов	
ИОПК 4.3: Владеет: методами и приемами управления металлургическими процессами с использованием информационных технологий; методикой структурирования задачи в условиях нестандартных ситуаций	
<b>ПК-1.1: Способен применять IT-технологии в профессиональной деятельности</b>	
ИПК 1.1.1: Знает: особенности применения IT-технологий в производстве получения цветных металлов; алгоритмы и структуру формирования информационных потоков	

ИПК 1.1.3: Владеет: навыками получения и обработки информации о процессах получения цветных металлов; методиками выбора критериев оценки результатов изучения объекта
ИПК 1.1.2: Умеет: выбирать необходимый инструментарий для анализа характеристик объекта
<b>ПК-1.2: Способен обрабатывать и анализировать результаты мониторинга технологического процесса</b>
ИПК 1.2.3: Владеет: навыками обработки и анализа информационных потоков цеха, участка
ИПК 1.2.2: Умеет: анализировать информацию о технологическом процессе, объекте по результатам мониторинга
ИПК 1.2.1: Знает: концептуальные положения и требования к организации технологического процесса; методику обработки результатов
<b>ПК-1.3: Способен управлять технологическими процессами обогащения и переработки сырья, получения цветных металлов и сплавов, а также изделий из них</b>
ИПК 1.3.3: Владеет: навыками оперативного принятия решения в различных условиях эксплуатации объекта
ИПК 1.3.1: Знает: Особенности металлургических операций получения цветных металлов и их характеристики; устройство и принцип работы оборудования
ИПК 1.3.2: Умеет: контролировать характеристики процесса и готовить рекомендации по улучшению качества продукции
<b>ПК-1.4: Способен прогнозировать работоспособность объектов металлургического производства в различных условиях эксплуатации</b>
ИПК 1.4.1: Знает: Физико-химические основы и практику металлургических операций получения цветных металлов; математическое моделирование
ИПК 1.4.2: Умеет: Выбирать необходимый математический аппарат для прогнозирования работы металлургических объектов
ИПК 1.4.3: Владеет: навыками формализованного представления исследуемой задачи, анализа адекватности полученных результатов
<b>ПК-1.6: Способен анализировать технологические процессы для выбора путей, мер и средств внедрения наукоемких, экологичных и безопасных технологий</b>
ИПК 1.6.1: Знает: технологию производства цветных металлов; мировые тенденции развития в области наукоемких, экологичных и безопасных технологий производства цветных металлов
ИПК 1.6.2: Умеет: анализировать и готовить предложения по выбору путей, мер и средств внедрения перспективных технологий
ИПК 1.6.3: Владеет: навыками работы в команде для достижения поставленных целей при разработке и внедрении перспективных технологий
<b>ПК-1.7: Способен проводить экономический анализ затрат и результативности технологического процесса</b>
ИПК 1.7.2: Умеет: анализировать экономические показатели металлургических технологий; проводить укрупненные расчеты затрат на производство цветных металлов
ИПК 1.7.1: Знает: основы экономической теории, методы анализа экономической эффективности процессов производства цветных металлов
ИПК 1.7.3: Владеет: навыками подготовки предложений, снижающих расходы при разработке и внедрении перспективных технологий
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>
ИУК 1.2: Определяет этапы решения проблемы на основе анализа противоречий и абстрактного мышления
ИУК 1.1: Раскрывает сущность проблемы как системы противоречий на основе имеющейся информации
ИУК 1.4: Аргументировано проводит анализ оптимального решения проблемной ситуации и принимает обоснованное решение
ИУК 1.3: Рассматривает альтернативы решения проблемы на основе системного подхода, оценивает их преимущества и недостатки

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	1. Основы ионного обмена;
3.1.2	2. Основные типы реагентов и области их применения;
3.1.3	3. Методы исследования ионообменных процессов;
3.1.4	4. Процессы и аппараты переработки растворов;
3.1.5	5. Основные принципы расчета ионообменных процессов и оборудования для их осуществления;
3.1.6	6. Механизм взаимодействия и средство различных химических элементов (цветных металлов) с сорбентами и экстрагентами;

3.1.7	7. Назначение различных типов оборудования;							
3.1.8	8. Принципы составления материальных балансов.							
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>							
3.2.1	1. Использовать характеристики реагентов при их выборе для технологии;							
3.2.2	2. Проводить исследования образцов сорбентов и экстрагентов;							
3.2.3	3. Анализировать применяемые или разрабатываемые технологии извлечения ценных компонентов из первичного и техногенного сырья, применяемые или разрабатываемые технологии извлечения ценных компонентов из первичного и техногенного сырья;							
3.2.4	4. Рассчитывать емкость и определять селективность сорбентов и экстрагентов;							
3.2.5	5. Корректировать параметры процесса для достижения оптимального результата;							
3.2.6	6. Находить оптимальные решения для переработки сырья и выпуска продукции с учетом требований качества, экологической чистоты производства и безопасности жизнедеятельности;							
3.2.7	7. Осуществлять сбор и анализ исходных данных для разработки технологии;							
3.2.8	8. Производить корректный расчет требуемого количества реагентов и оборудования;							
3.2.9	9. Составлять материальные, тепловые и водные балансы процессов;							
3.2.10	10. Использовать паспорта на реагенты и оборудование.							
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>							
3.3.1	1. Осуществлять выбор ионообменных смол и экстрагентов под конкретную задачу;							
3.3.2	2. Определять оптимальные режимы ионного обмена;							
3.3.3	3. Разрабатывать технологическую часть регламентов на ионообменную технологию.							
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>								
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Ресурсы	Инте ракт.	Примечание
	<b>Раздел 1. Классификация и основные свойства сорбентов</b>							
1.1	Общая характеристика процессов ионного обмена, Иониты минерального происхождения и синтетические сорбенты (смолы). Типы ионообменных смол, их строение. Основные характеристики сорбентов. Полная, статическая, динамическая обменные емкости сорбентов, методы определения. Ионообменное равновесие. Количественные характеристики распределения и разделения ионов. Ряды сродства катионов и анионов к ионитам (шкала селективности). Изотермы ионного обмена. /Лек/	1	2	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

1.2	Общая характеристика процессов ионного обмена, Иониты минерального происхождения и синтетические сорбенты (смолы). Типы ионообменных смол, их строение. Основные характеристики сорбентов. Полная, статическая, динамическая обменные емкости сорбентов, методы определения. Ионообменное равновесие. Количественные характеристики распределения и разделения ионов. Ряды родства катионов и анионов к ионитам (шкала селективности). Изотермы ионного обмена. /Пр/	1	3	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
1.3	Общая характеристика процессов ионного обмена, Иониты минерального происхождения и синтетические сорбенты (смолы). Типы ионообменных смол, их строение. Основные характеристики сорбентов. Полная, статическая, динамическая обменные емкости сорбентов, методы определения. Ионообменное равновесие. Количественные характеристики распределения и разделения ионов. Ряды родства катионов и анионов к ионитам (шкала селективности). Изотермы ионного обмена. /Ср/	1	13	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Ресурсы</b>	<b>Инте ракт.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 2. Кинетика и механизм ионного обмена</b>							

2.1	Стадия, определяющая скорость процесса. Гелевый, пленочный и химический типы кинетики. Основные кинетические уравнения. Влияние кислотности среды на полноту сорбции. /Лек/	1	2	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
2.2	Стадия, определяющая скорость процесса. Гелевый, пленочный и химический типы кинетики. Основные кинетические уравнения. Влияние кислотности среды на полноту сорбции. /Пр/	1	3	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

2.3	Стадия, определяющая скорость процесса. Гелевый, пленочный и химический типы кинетики. Основные кинетические уравнения. Влияние кислотности среды на полноту сорбции. /Ср/	1	13	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Ресурсы</b>	<b>Инте ракт.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 3. Динамика ионного обмена</b>							
3.1	Колоночный метод исследования свойств ионитов. Полная динамическая и динамическая обменная емкость. Характер выходных кривых при сорбции и элюировании. /Лек/	2	4	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

3.2	Колоночный метод исследования свойств ионитов. Полная динамическая и динамическая обменная емкость. Характер выходных кривых при сорбции и элюировании. /Пр/	2	8	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
3.3	Колоночный метод исследования свойств ионитов. Полная динамическая и динамическая обменная емкость. Характер выходных кривых при сорбции и элюировании. /Ср/	2	35	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Ресурсы</b>	<b>Инте ракт.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 4. Аппаратурное оформление ионного обмена и области применения в гидрометаллургии</b>							

4.1	<p>Основное сорбционное оборудование при ведении процесса в непрерывном и периодическом режимах. Принцип выбора аппаратов и методы расчета оборудования, определение количества аппаратов.</p> <p>Примеры использования сорбционных технологий в гидрометаллургии меди, цинка, никеля и очистки сточных вод от тяжелых металлов.</p> <p>/Лек/</p>	2	2	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
4.2	<p>Основное сорбционное оборудование при ведении процесса в непрерывном и периодическом режимах. Принцип выбора аппаратов и методы расчета оборудования, определение количества аппаратов.</p> <p>Примеры использования сорбционных технологий в гидрометаллургии меди, цинка, никеля и очистки сточных вод от тяжелых металлов.</p> <p>/Пр/</p>	2	4	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

4.3	Основное сорбционное оборудование при ведении процесса в непрерывном и периодическом режимах. Принцип выбора аппаратов и методы расчета оборудования, определение количества аппаратов. Примеры использования сорбционных технологий в гидрометаллургии меди, цинка, никеля и очистки сточных вод от тяжелых металлов. /Ср/	2	24	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Ресурсы</b>	<b>Инте ракт.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 5. Классификация и основные свойства экстрагентов</b>							
5.1	Основные типы органических экстрагентов (нейтральные, катионообменные, анионообменные) и разбавителей. Требования, предъявляемые к экстрагентам, разбавителям. Количественные характеристики экстракции (закон распределения, константа распределения, коэффициент распределения и коэффициент разделения, степень экстракции). /Лек/	2	2	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

5.2	Основные типы органических экстрагентов (нейтральные, катионообменные, анионообменные) и разбавителей. Требования, предъявляемые к экстрагентам, разбавителям. Количественные характеристики экстракции (закон распределения, константа распределения, коэффициент распределения и коэффициент разделения, степень экстракции). /Пр/	2	4	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
5.3	Основные типы органических экстрагентов (нейтральные, катионообменные, анионообменные) и разбавителей. Требования, предъявляемые к экстрагентам, разбавителям. Количественные характеристики экстракции (закон распределения, константа распределения, коэффициент распределения и коэффициент разделения, степень экстракции). /Ср/	2	24	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Ресурсы</b>	<b>Инте ракт.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 6. Типы экстракционных процессов и кинетика и выходные кривые экстракции реэкстракции</b>							

6.1	Физическое распределение, катионообменная, анионообменная экстракция, экстракция с образованием координационных соединений. Применение высаливателей при экстракции. Кинетика экстракции и реэкстракции. Уравнение линии рабочих концентраций. Расчет числа теоретических ступеней экстракции и реэкстракции. /Лек/	2	2	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
6.2	Физическое распределение, катионообменная, анионообменная экстракция, экстракция с образованием координационных соединений. Применение высаливателей при экстракции. Кинетика экстракции и реэкстракции. Уравнение линии рабочих концентраций. Расчет числа теоретических ступеней экстракции и реэкстракции. /Пр/	2	4	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

6.3	Физическое распределение, катионообменная, анионообменная экстракция, экстракция с образованием координационных соединений. Применение высаливателей при экстракции. Кинетика экстракции и реэкстракции. Уравнение линии рабочих концентраций. Расчет числа теоретических ступеней экстракции и реэкстракции. /Ср/	2	24	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Ресурсы</b>	<b>Инте ракт.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 7. Практическое использование экстракционных процессов в цветной металлургии</b>							
7.1	Типы и расчет аппаратов и предъявляемые к ним требования в экстракционных процессах. Разделение металлов, очистка стоков, концентрирование металлов, удаление примесей. /Лек/	2	2	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

7.2	Типы и расчет аппаратов и предъявляемые к ним требования в экстракционных процессах. Разделение металлов, очистка стоков, концентрирование металлов, удаление примесей. /Пр/	2	4	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
7.3	Типы и расчет аппаратов и предъявляемые к ним требования в экстракционных процессах. Разделение металлов, очистка стоков, концентрирование металлов, удаление примесей. /Ср/	2	24	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

#### 4.1 Образовательные технологии

### 5. КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 5.1. Комплект оценочных средств

Комплект оценочных средств по дисциплине, состоящий из материалов для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации обучающихся, включая порядок проведения промежуточной аттестации, систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок представлен в КОС дисциплины.

<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>				
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				
<b>6.1.1. Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл.адрес
Л1.1	Москальчук Л. Н.	Сорбционные свойства основных типов почв, природного сырья и промышленных отходов: монография	Минск: Белорусская наука, 2008	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=86747">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=86747</a>
Л1.2	Лыгина Т. З., Михайлова О. А.	Физико-химические и адсорбционные методы исследования неорганических природных минеральных сорбентов: учебное пособие	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258968">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258968</a>
Л1.3	Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Богатырёва Е. В., Стрижко В. С.	Оборудование гидromеталлургических процессов. Расчёт аппаратов гидromеталлургических процессов.: учебное пособие	Москва: МИСИС, 2006	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=1837">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=1837</a>
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл.адрес
Л2.1	Крашенинникова Н. Г., Винокуров А. И.	Химия металлов: лабораторный практикум: практикум	Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=459487">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=459487</a>
Л2.2	Кононова О. Н., Холмогоров А. Г., Кононов Ю. С.	Сорбционное извлечение золота из растворов и пульп: химизм процесса, селективность, технология: монография	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229259">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229259</a>
Л2.3	Тимофеев К. Л.	Очистка промышленных стоков и загрязненных вод горно-металлургических предприятий. Опыт ООО "УГМК-Холдинг": учебное пособие	М.: Юнити-Дана, 2019	
<b>6.3.1 Перечень программного обеспечения</b>				
6.3.1.1	Microsoft Visual Studio			
6.3.1.2	PTC Mathcad Prime 5			
6.3.1.3	Microsoft Windows			
6.3.1.4	Microsoft Office (Access, Excel, Word, OneNote, Outlook, PowerPoint, Publisher, Skype for business)			
6.3.1.5	Google Chrome			
6.3.1.6	Mozilla Firefox			
6.3.1.7	7-Zip			
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>				
6.3.2.1	Единое окно доступа к информационным ресурсам			
6.3.2.2	Консультант-плюс			
<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>				
Ауд. №	Назначение	Оснащение		
225	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Учебные места (столы и стулья). Рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба. Компьютер преподавателя с доступом в интернет, интерактивный проектор с магнитно-маркерной доской. Моторизованный экран с потолочным проектором. Потолочная камера. Документ-камера. Настольный микрофон. Звуковая система.		

228	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Учебные места (столы и стулья). Рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба. Компьютер преподавателя с доступом в интернет, интерактивная LCD-панель. Моторизованный экран с потолочным проектором. Потолочная камера. Документ-камера. Настольный микрофон. Звуковая система.
426	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Учебные места (столы и стулья). Рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба, трибунка. Трансформируемая перегородка. Компьютер преподавателя с доступом в интернет, интерактивный проектор с магнитно-маркерной доской. Моторизованный экран с потолочным проектором. Потолочная камера. Документ-камера. Настольный микрофон. Звуковая система. Маркерная доска.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Изучение рабочей программы дисциплины.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы, интернет-источников.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы.

Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы. Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети "Интернет" организован в читальном зале библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Задания и методические указания к выполнению практических занятий составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины "Современные ионообменные процессы в металлургии" и представлены в УМК дисциплины.

Практические занятия включают в себя освоение действий, обсуждение проблем по основным разделам курса и направлены на углубление изученного теоретического материала и на приобретение умений и навыков.

При подготовке к практическим занятиям используются методические указания, в которых описаны содержание и методы их проведения, условия выполнения, сформулированы вопросы к результатам выполнения заданий.

Методические рекомендации к организации и выполнению самостоятельной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины "Современные ионообменные процессы в металлургии" и представлены в УМК дисциплины.

Самостоятельная работа студентов включает освоение теоретического материала, подготовку к выполнению заданий практических занятий, и подготовку к зачету, экзамену.

Задания и методические указания к выполнению курсовой работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины "Современные ионообменные процессы в металлургии".

Курсовая работа структурно являются заключительным этапом изучения дисциплины, а организационно проверкой знаний студентов их умения решать практические инженерные задачи. При подготовке работы систематизируются, закрепляются и углубляются навыки лабораторных работ, поиска и анализа технической информации в специальной литературе.

Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости программа дисциплины может быть адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и необходимых специальных условий их обучения.

При наличии в группе студентов с ограниченными возможностями здоровья возможно использовать адаптивные технологии.

Для студентов с ограниченным слухом:

- использование разнообразных дидактических материалов (карточки, рисунки, письменное описание, схемы и т.п.) как помощь для понимания и решения поставленной задачи;
- использование видеоматериалов, которые дают возможность понять тему занятия и осуществить коммуникативные действия;
- выполнение проектных заданий по изучаемым темам.

Для студентов с ограниченным зрением:

- использование фильмов с возможностью восприятия на слух даваемой в них информации для последующего ее обсуждения;
- использование аудиоматериалов по изучаемым темам, имеющимся на кафедре;
- индивидуальное общение с преподавателем по изучаемому материалу;
- творческие задания по изучаемым темам или по личному желанию с учетом интересов обучаемого.