

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.01.2023 15:21:16

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 216

Формы контроля в семестрах:  
зачет с оценкой 8

в том числе:

аудиторные занятия 72

самостоятельная работа 144

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	12			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24
Лабораторные	24	24	24	24
Практические	24	24	24	24
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	144	144	144	144
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

**Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , 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	1) формирование знаний о теоретических основах и технологии производства редкоземельных и радиоактивных редких металлов;
1.2	2) формирование представлений о закономерностях поведения металлов на различных этапах переработки исходного сырья;
1.3	3) формирование представлений о технике безопасности при обращении с рудами, концентратами редкоземельных и радиоактивных редких металлов и продуктами их технологической переработки (в т.ч. отходами)

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.07
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Производственная практика	
2.1.2	Научно-исследовательская работа	
2.1.3	Физическая химия	
2.1.4	Физика	
2.1.5	Химия	
2.1.6	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.1.7	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.1.8	Металловедение цветных, редких и драгоценных металлов	
2.1.9	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.10	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.1.11	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.1.12	Метрология и измерительная техника	
2.1.13	Научно-исследовательская работа	
2.1.14	Научно-исследовательская работа	
2.1.15	Научно-исследовательская работа	
2.1.16	Научно-исследовательская работа	
2.1.17	Научно-исследовательская работа	
2.1.18	Научно-исследовательская работа	
2.1.19	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.20	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.1.21	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.1.22	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.1.23	Технологии и материалы СВС	
2.1.24	Технологическое оборудование литейных цехов	
2.1.25	Технология композиционных материалов	
2.1.26	Дизайн литого изделия	
2.1.27	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.1.28	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.1.29	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.1.30	Основы бизнеса в металлургии	
2.1.31	Основы электрометаллургического производства	
2.1.32	Производство алюминия и магния	
2.1.33	Производство стали в конвертерах	
2.1.34	Процессы и оборудование для формования и спекания металлических порошков	
2.1.35	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.1.36	Рециклинг металлов	
2.1.37	Теория и технология покрытий	
2.1.38	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.1.39	Технология литейного производства	
2.1.40	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.41	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.42	Основы теории литейных процессов	

2.1.43	Процессы и оборудование для получения металлических порошков
2.1.44	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий
2.1.45	Термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.1.46	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

#### ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

##### Знать:

ПК-3-31 основные положения законодательных и других нормативных документов в области авторского и патентного права; основные международные договоры и соглашения в области интеллектуальной собственности и авторского права; основы правового регулирования отношений, связанных с созданием технических решений в качестве изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, компьютерных программ, баз данных и других объектов интеллектуальной и промышленной собственности; правила оформления заявок на объекты промышленной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы и др.); основы авторского и смежных прав; понятие и содержание авторского договора и его виды

#### ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

##### Знать:

ПК-2-31 основные виды исходных материалов - сырья и реагентов, процессов обработки исходного сырья; способы составления технологических схем и проведения балансовых расчётов

#### ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

##### Уметь:

ПК-3-У1 применять гражданско-правовые нормы в сфере правовой защиты объектов интеллектуальной и промышленной собственности, объектов авторского права; квалифицированно формулировать и использовать правовые определения, свободно оперировать юридическими понятиями и категориями в области правовой охраны объектов интеллектуальной и промышленной собственности; - практически использовать полученные знания в сфере создания и защиты интеллектуальной собственности, оформления заявочной документации на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ и базы данных к ним, а также на другие объекты промышленной собственности

#### ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

##### Уметь:

ПК-2-У1 анализировать данные об исходных материалах технологического процесса, выбирать типы процессов обработки исходного сырья; разрабатывать технологические схем и проводить балансовые расчёты.

#### ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

##### Владеть:

ПК-3-В1 навыками применения гражданско-правовых норм в сфере правовой защиты объектов интеллектуальной и промышленной собственности, объектов авторского права; навыками квалифицированно формулировать и использовать правовые определения, свободно оперировать юридическими понятиями и категориями в области правовой охраны объектов интеллектуальной и промышленной собственности; навыками практически использовать полученные знания в сфере создания и защиты интеллектуальной собственности, оформления заявочной документации на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, компьютерные программы и базы данных к ним, а также на другие объекты промышленной собственности; полученными знаниями свободно, эффективно и профессионально решать вопросы в области создания и правовой охраны интеллектуальной и промышленной собственности в любой сфере профессиональной деятельности

#### ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

##### Владеть:

ПК-2-В1 навыками анализа и синтеза в технологии материалов атомной техники

### 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
	<b>Раздел 1. Вскрытие руд и концентратов урана и РЗМ</b>							

1.1	Роль радиоактивных и РЗМ в современном мире и в развитии атомной энергетики; энергетическая безопасность России; требования, предъявляемые к этим металлам, особенности их производства, цены, основные продуценты в мире и РФ /Лек/	8	2	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
1.2	Минералы, руды и концентраты урана, кислотные и щелочные способы вскрытия, основные аппараты, техника безопасности с радиоактивными материалами /Лек/	8	3	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
1.3	Минералы, руды и концентраты РЗМ, основные способы вскрытия, необходимость комплексного использования сырья /Лек/	8	3	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
1.4	Классификация цветных металлов. Сырье техногенного характера. Оборот ядерных материалов /Пр/	8	6	ПК-2-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			Р9
1.5	Требования безопасности при обращении с рудами, концентратами редкоземельных и радиоактивных редких металлов и продуктами их технологической переработки (в т.ч. отходами). Обращение с высокоактивными отходами. Хранение и переработка ториевого промпродукта /Пр/	8	4	ПК-2-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			

1.6	Щелочное разложение монацитового концентрата /Лаб/	8	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			
1.7	Получение полирующих порошков (полиритов) на основе РЗМ /Лаб/	8	6	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			Р4
1.8	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала /Ср/	8	29	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
1.9	Контрольная работа 1 /Пр/	8	0,25	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2		КМ2	
	<b>Раздел 2. Способы выделения U и РЗМ из растворов и пульп</b>							
2.1	Экстракционные и сорбционные способы выделения урана из пульп, современное аппаратное оформление процессов, обезвреживание и удаление хвостов, экологические проблемы /Лек/	8	3	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			

2.2	Переработка продуктов вскрытия минерального сырья РЗМ, предварительное их разделение на отдельные группы /Лек/	8	3	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
2.3	Технологические расчеты в металлургии Расчёт рационального состава сырья для производства урана и РЗМ. Примерный расчёт. Выдача ДЗ. /Пр/	8	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			
2.4	Способы выделения урана и РЗМ из растворов и пульп и переработка полученных продуктов. Расчёт каскада сорбции /Пр/	8	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			
2.5	Исследование экстракции неодима трибутилфосфатом в режиме противотока /Лаб/	8	6	ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			Р5
2.6	Исследование осадительных процессов выделения РЗМ на примере церия /Лаб/	8	4	ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			
2.7	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала /Ср/	8	25	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			

2.8	Контрольная работа 2 /Пр/	8	0,25	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2		КМ3	
	<b>Раздел 3. Аффинажные и разделительные процессы в технологии U и РЗМ</b>							
3.1	Экстракционные аффинажные операции для получения соединений урана ядерной степени чистоты /Лек/	8	2	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
3.2	Разделительные процессы при получение индивидуальных РЗМ /Лек/	8	2	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
3.3	Аффинажные и разделительные процессы в металлургии урана и РЗМ. Расчёт противоточной экстракционной колонны. Расчёт горизонтального экстрактора ящичного типа /Пр/	8	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			
3.4	Экстракционная очистка урановых концентратов /Лаб/	8	2	ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			



3.5	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала, выполнение ДЗ /Ср/	8	54	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
3.6	Контрольная работа 3 /Пр/	8	0,25	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2		КМ4	
	<b>Раздел 4. Технология получения У и РЗМ</b>							
4.1	Технология получения оксидов, фторидов, хлоридов урана и РЗМ /Лек/	8	2	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
4.2	Основы металлургического восстановления высокоактивных металлов; получение урана и РЗМ /Лек/	8	4	ПК-2-31 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
4.3	Технология получения урана и РЗМ. Пример расчёта- обоснования для выбора восстановителя. Приём ДЗ /Пр/	8	5	ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			

4.4	Моделирование процесса металлотермического получения высокоактивных редких металлов на ЭВМ /Лаб/	8	2	ПК-2-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2			
4.5	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала, подготовка к итоговому контрольному мероприятию /Ср/	8	32	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
4.6	Контрольная работа 4 /Пр/	8	0,25	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2		КМ5	
4.7	Домашнее задание 1 /Ср/	8	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			Р2

### 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	зачёт с оценкой	ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-3-31;ПК-3-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>Предложите способы предварительной подготовки руд ( в т.ч. урановых), перечислите цели, достигаемые при этом.</li> <li>Предложите способы интенсификации процессов вскрытия урановых руд</li> <li>Для чего вводится окислитель при вскрытии первичных урановых руд; предложите способы снижения расхода окислителя ( например, MnO<sub>2</sub>) или вообще возможность отказа от использования пиролюзита.</li> <li>Укажите основные признаки, которые влияют на выбор кислотного или карбонатного способа вскрытия; отчего зависит расход реагентов; как влияет наличие в руде сульфидных минералов на этот показатель.</li> <li>В цепочке аппаратов кислотного вскрытия прибор показал окислительно-восстановительный потенциал пульпы 0.25 вольт;</li> </ol>

		<p>оцените создавшееся положение и дайте указание аппаратчику</p> <p>6. При карбонатном способе вскрытия резко упало извлечение урана; выяснилось, что в содовую пульпу не добавили бикарбонат-ион; Ваши действия и объяснения создавшегося положения</p> <p>7. На примере монацита расскажите о способе вскрытия сульфатизацией</p> <p>8. Определите какова лимитирующая стадия щелочного вскрытия монацитовых концентратов; предложите способы интенсификации процесса</p> <p>9. Как решаются вопросы комплексного использования апатитового сырья при сернокислотном и азотнокислом вскрытии апатитовых к-тов</p> <p>Дайте технико-экономическое сравнение сульфатного и щелочного способов вскрытия монацитовых к-тов</p> <p>10. Почему при сульфатном вскрытии фосфатного РЗМ сырья используется значительный избыток серной кислоты, какие при этом трудности ожидают технолога при переработке продуктов вскрытия</p> <p>11. Сложные Ti-Ta-Nb редких земель - какие задачи стоят перед технологами при реализации процессов их вскрытия</p> <p>12. Охарактеризуйте способ вскрытия хлорированием: ф/х основы, положительные и отрицательные моменты, экология</p> <p>13. Форма нахождения ионов урана в сернокислотных и карбонатных средах; в каком виде при этом находятся основные примеси</p> <p>14. Основной критерий выбора ионообменного или экстракционного способов обработки кислых или карбонатных урановых пульп</p> <p>15. Применение катионитов при обработке урановых пульп - химизм, поведение примесей</p> <p>16. Применение анионитов при обработке урановых пульп - химизм, поведение примесей</p> <p>17. В чем преимущество твердофазной десорбции, как при этом осуществить аппаратурное оформление</p> <p>18. Применение алкилфосфатов в процессах экстракционного выделения урана из растворов</p> <p>19. Применение алкиламинов в процессах экстракционного выделения урана из растворов</p> <p>20. При сернокислотном вскрытии монацитовых концентратов получен раствор, содержащий ионы <math>Ln^{+3}</math>, <math>SO_4^{2-}</math> и <math>PO_4^{3-}</math>; предложите схему, позволяющую удалить ион <math>PO_4^{3-}</math>, возможность его утилизации</p> <p>21. В Вашем распоряжении имеется плав после хлорирования лопаритового концентрата, предложите схему переработки плава</p> <p>22. Предложите схему разделения тория и РЗМ с использованием различия в основности</p> <p>23. Предложите схему разделения тория и РЗМ с использованием щавелевой кислоты.</p> <p>24. Составьте схему разделения тория и РЗМ с использованием катионитов</p> <p>25. Получен раствор уранилнитрата с аффинажных каскадов, предложите схему получения <math>UF_4</math>, докажите преимущества выбранного способа: технологичность, поведение примесей, ф/х свойства продукта, проведите сравнение способов.</p> <p>26. Вы начальник отделения кальциетермического получения урана из <math>UF_4</math>. Участок переводится на магниетермический процесс, определите какое оборудование можно оставить, какое надо заменить, как изменятся технологические показатели.</p> <p>27. Дано задание подготовить производство металлического европия; дайте ф/х и т/д обоснование схемы: выбор исходного соединения, металла восстановителя, аппаратурное оформление; предложите способ переработки шлаков.</p> <p>28. Вам надо задание организовать производство <math>UO_2</math> естественного обогащения: дайте т/д и технологическое обоснование условий восстановления высших оксидов; сделайте заказ на оборудование, составьте аппаратурно-технологическую схему.</p> <p>29. Необходимо организовать экстракционный аффинаж урана;</p>
--	--	---

			<p>обоснуйте требования к чистоте, выберите исходные продукты, экстрагенты, аппаратное оформление. Дайте основные технологические показатели.</p> <p>30. Раскройте связь т/д и ф/х условий высокотемпературного гидрофторирования <math>UO_2</math>, предложите аппаратное оформление процесса.</p> <p>31. Экстракционное разделение РЗМ, каскады, графический и аналитический способы расчета ступеней экстракции, формула Кремсера</p> <p>32. Изменение механизма экстракции в зависимости от условий проведения процессов при использовании нейтральных экстрагентов при разделении РЗМ (НФОС).</p> <p>33. Изменение механизма экстракции в зависимости от условий проведения процессов при использовании органических фосфорных кислот при разделении РЗМ (ФОК).</p> <p>34. Изменение механизма экстракции в зависимости от условий проведения процессов при использовании аминов при разделении РЗМ.</p> <p>35. Спроектируйте отделение получения фторидов U, РЗМ осаждением из растворов, дайте технологический регламент, заказ на оборудование, приведите основные преимущества мокрого способа.</p> <p>36. Обоснуйте наиболее приемлемый способ получения высокоактивных металлов (например, урана) с точки зрения т/д, выбора исходного соединения, металла-восстановителя, предложите аппарат восстановления</p> <p>37. С разделительных каскадов получен раствор нитратов легких РЗМ, предложите технологическую схему производства безводных хлоридов для получения мишметалла, докажите преимущества Вашего способа перед другими, используемыми в промышленности.</p> <p>38. Предложите соединения, из которых можно получать оксиды урана, дайте общую схему их получения, место оксидов в технологии урана.</p> <p>39. Предложите соединения, из которых можно получать оксиды РЗМ, дайте общую схему их получения, место оксидов в технологии РЗМ.</p> <p>40. Ваше отделение получает ЛРЗМ по способу металлотермии хлоридов; дайте Ваши предложения по переводу отделения на способ электролитического получения этих металлов, как изменится аппаратное оформление процесса</p>
КМ2	Контрольная работа 1	ПК-2-У1; ПК-3-У1	<p>1.1 Какое свойство урана позволяет применять его в атомной энергетике?</p> <p>1 высокая температура плавления</p> <p>2 низкое значение сечения захвата тепловых нейтронов</p> <p>3 содержит изотоп <math>^{235}U</math></p> <p>1.2 Какие минералы урана имеют промышленное значение?</p> <p>1 бадделит</p> <p>2 коффинит</p> <p>3 настуран</p> <p>1.3 Какова средняя доля использования атомной энергии в энергетических ресурсах мира</p> <p>1 7%</p> <p>2 17%</p> <p>3 50%</p> <p>1.4 Назовите три делящихся изотопа</p> <p>1 уран <math>^{235}U</math>, уран <math>^{233}U</math>, плутоний <math>^{239}Pu</math></p> <p>2 церий <math>^{140}Ce</math>, прометий <math>^{147}Pm</math>, лютеций <math>^{175}Lu</math></p> <p>3 титан 48, ванадий 51, рубидий 85</p> <p>1.5 Какой изотоп наиболее востребован в настоящее время</p> <p>1 уран <math>^{235}U</math></p> <p>2 уран <math>^{233}U</math></p> <p>3 плутоний <math>^{239}Pu</math></p>

КМ3	Контрольная работа 2	ПК-2-У1;ПК-3-У1	<p>2.1 Как выбрать способ вскрытия урановой руды исходя из минералогического состава</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 карбонаты</li> <li>2 оксиды</li> <li>3 сульфаты</li> </ol> <p>2.2 Какой вид обогащения урановой руды принят в технологии</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 флотация</li> <li>2 гравитация</li> <li>3 радиометрия</li> </ol> <p>2.3 Какая кислота применяется для вскрытия урановых руд</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></li> <li>2 HF</li> <li>3 HI</li> </ol> <p>2.4 Выберите наиболее распространенный окислитель при кислотном вскрытии урановых руд</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></li> <li>2 пиролюзит</li> <li>3 перекись водорода</li> </ol> <p>2.5 Выберите наиболее распространенный окислитель при щелочном вскрытии урановых руд</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 кислород</li> <li>2 аммиак</li> <li>3 медноаммиачный комплекс</li> </ol>
КМ4	Контрольная работа 3	ПК-2-У1;ПК-2-31	<p>3.1 Назовите наиболее распространенный минерал РЗМ из группы карбонатов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 кальцит</li> <li>2 магнезит</li> <li>3 бастнезит</li> </ol> <p>3.2 Назовите наиболее распространенный минерал РЗМ из группы фосфатов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 монацит</li> <li>2 ксенотим</li> <li>3 фосфориты</li> </ol> <p>3.3 Назовите наиболее распространенный минерал РЗМ из группы сложных оксидов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 сфен</li> <li>2 перовскит</li> <li>3 лопарит</li> </ol> <p>3.4 Выберите кислоту для вскрытия монацита</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></li> <li>2 HF</li> <li>3 HI</li> </ol> <p>3.5 Какое соединение добавляется при вскрытии для удаления радиоактивности</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 KCl</li> <li>2 CaCl<sub>2</sub></li> <li>3 BaCl<sub>2</sub></li> </ol>

КМ5	Контрольная работа 4	ПК-2-У1;ПК-2-31	1.1	Какое содержание урана в технологических пульпах
			1	100 г/л
			2	1 г/л
			3	0,01 г/л
			1.2	При каком рН сорбируется уран на катионите СГ-1
			1	10-12
			2	3-4
			3	0,1-0,5
			1.3	Выберите экстрагент для выделения урана из технологических растворов
			1	трибутилфосфат
			2	Д2ЭГФК
			3	СС14
			1.4	Какие амины лучше всего экстрагируют уран
			1	первичные
			2	вторичные
3	третичные			
1.5	Каковы коэффициенты распределения для урана при использовании ФОК			
1	100			
2	500			
3	больше 1000			

**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
P1	Реферат по теме "Способы переработки исходного сырья производства РиРЗМ (с указанием конечного продукта - Me)", где Me - металл из группы РА или РЗМ	ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-3-В1;ПК-3-У1	Описание истории открытия, применения, существующих технологий, в т.ч. зарубежных, перечисление основных химических реакций, применяемых реагентов, описание технологических схем и основного и вспомогательного оборудования при производстве заданного в теме РА и РЗМ.
P2	Домашнее задание на тему "Выбор и расчёт технологической схемы переработки А концентрата состава В с целью комплексного извлечения ценных компонентов", где А - монацитового, лопаритового, лейкоксенового, перовскитового; В - состав исходного концентрата.	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Выбор и обоснование технологической схемы переработки сырья, расчёт материального баланса технологической схемы по ценному (ценным) компонентам. Вывод об извлечении и экономическая оценка сделанного расчёта.
P3	Лабораторная работа 1	ПК-2-В1;ПК-2-У1	Щелочное разложение монацитового концентрата. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P4	Лабораторная работа 2	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Получение полирующих порошков (полиритов) на основе РЗМ. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P5	Лабораторная работа 3	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Исследование экстракции неодима трибутилфосфатом в режиме противотока. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР

P6	Лабораторная работа 4	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Исследование осадительных процессов выделения РЗМ на примере церия. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P7	Лабораторная работа 5	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Экстракционная очистка урановых концентратов. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P8	Лабораторная работа 6	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование процесса металлотермического получения высокоактивных редких металлов на ЭВМ. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P9	Практическая работа 1	ПК-2-У1;ПК-3-В1	Классификация цветных металлов. Сырье техногенного характера. Оборот ядерных материалов.
P10	Практическая работа 2	ПК-2-31;ПК-2-У1	Требования безопасности при обращении с рудами, концентратами редкоземельных и радиоактивных редких металлов и продуктами их технологической переработки (в т.ч. отходами). Обращение с высокоактивными отходами. Хранение и переработка ториевого промпродукта
P11	Самостоятельная работа 1	ПК-2-31;ПК-2-У1	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала
P12	Практическая работа 3	ПК-2-31;ПК-2-У1	Технологические расчеты в металлургии Расчёт рационального состава сырья для производства урана и РЗМ. Примерный расчёт. Выдача ДЗ.
P13	Практическая работа 4	ПК-2-31;ПК-2-У1	Способы выделения урана и РЗМ из растворов и пульп и переработка полученных продуктов. Расчёт каскада сорбции.
P14	Самостоятельная работа 2	ПК-2-31;ПК-2-У1	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала
P15	Практическая работа 5	ПК-2-31;ПК-2-У1	Аффинажные и разделительные процессы в металлургии урана и РЗМ. Расчёт противоточной экстракционной колонны. Расчёт горизонтального экстрактора ящичного типа.
P16	Самостоятельная работа 3	ПК-2-31;ПК-2-У1	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала, выполнение ДЗ
P17	Практическая работа 6	ПК-2-31;ПК-2-У1	Технология получения урана и РЗМ. Пример расчёта- обоснования для выбора восстановителя. Приём ДЗ
P18	Самостоятельная работа 4	ПК-2-31;ПК-2-У1	Подготовка к практическим занятиям, изучение литературы, проработка лекционного материала, подготовка к экзамену
P19	Самостоятельная работа 5	ПК-2-31;ПК-2-У1	Домашнее задание 1

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

По дисциплине предусмотрен зачёт с оценкой

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

Оценивание проводится на основании итогов текущего контроля при учёте выполнения обучающимся заданий и контрольных мероприятий, соответствующих учебному графику по дисциплине.

Текущий контроль проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

ФОС текущего контроля по дисциплине состоит из вопросов и заданий, составленных с учетом показателей оценивания компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины. Результаты текущей аттестации обучающихся учитываются при выставлении оценки по промежуточной аттестации в случае полного выполнения обучающимися установленного учебного графика.

Баллы, набранные студентами по каждой форме текущего контроля, определяют оценку по дисциплине в соответствии с таблицей 2. В таблице max – максимальное суммарное число баллов по всем формам контроля, например, при пятибалльной системе оценок для каждой формы контроля max рассчитывается по формуле  $max = N \square 5$  (N – число форм контроля); B – сумма набранных баллов по всем формам контроля при условии отсутствия неудовлетворительных оценок.

Таблица 2

Общая оценка

Отлично (5) более 85%

Хорошо (4) от 71 % до 85 %

Удовлетворительно (3) от 60 % до 70 %

Неудовлетворительно (2) менее 60%

(имеют неудовлетворительные оценки по одной или нескольким формам контроля)

Оценивание с использованием тестирования проводится по балльной системе. Общее количество вопросов принимается за 100 %, оценка выставляется по значению соотношения правильных ответов к общему количеству вопросов в процентах.

Таблица 3

Оценка Процент правильных ответов

Отлично (5) Св. 85% до 100 %

Хорошо (4) Св. 70 % до 85 %

Удовлетворительно (3) Св. 50 % до 70 %

Неудовлетворительно (2) Менее 50 %

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Галкин Н. П.	Химия и технология фтористых соединений урана: монография	Электронная библиотека	Москва: Госатомиздат, 1961
Л1.2	Волкович В. А., Смирнов А. Л.	Металлургия урана и технология его соединений: курс лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л1.3	Коровин С. С., Зимина Г. В., Резник А. М., др.	Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология	Электронная библиотека	, 1996
Л1.4	Коровин С. С., Дробот Д. В., Федоров П. И.	Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология	Библиотека МИСиС	, 1999

##### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кулифеев В. К., Тарасов В. П., Кропачев А. Н., Миклушевский В. В.	Комплексное использование сырья и отходов. Переработка техногенных отходов: курс лекций	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Кулифеев В. К., Леонова Л. М., Божко Г. Г., Кропачев А. Н., Миклушевский В. В.	Металлургия редких металлов: лаб. практикум для студ. вузов спец. - Металлургия цветных металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.3	Кулифеев В. К., Миклушевский В. В., Подрезов С. В., Кропачев А. Н., Стрижко В. С.	Разработка строительной части при проектировании цехов редкометальной промышленности с использованием системы автоматизированного выполнения курсовых и дипломных проектов: учебно -метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006
Л2.4	Медведев А. С.	Выщелачивание и способы его интенсификации	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.5	Кулифеев В. К., Тарасов В. П., Кропачев А. Н.	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Физико-химические основы и технология получения редких, редкоземельных и радиоактивных металлов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. Metallургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.6	Богатырева Е. В., Соколов В. А., Стрижко Л. С., др.	Инженерные расчеты в металлургии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л2.7	Кулифеев В. К., Кропачев А. Н.	Кальций: монография	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2015
Л2.8	Кропачев А. Н., Будин О. Н., Черепов В. В., Кулифеев В. К.	Металлургия редкоземельных и радиоактивных редких металлов (N 3707): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л2.9	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
Л2.10	Богатырева Е. В.	Технологические расчеты в металлургии цветных металлов (N 2933): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2017
Л2.11	Богатырева Е. В.	Эффективность применения механоактивации: монография	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2017
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Богатырева Е. В., Медведев А. С.	Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.2	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

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	www.elibrary.ru
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека	www.gpntb.ru
Э3	Федеральный портал «Российское образование»	http://www.edu.ru
Э4	ЭОР «Canvas»	https://lms.misis.ru/
Э5	Электронная библиотека МИСиС, в т.ч. доступ к иностранной периодике Elsevier, Reuters (WoS, Scopus) по подписке ВУЗа	http://lib.misis.ru/elbib.htm
Э6	Портал национальной геологической службы США	https://USGS.com
Э7	Портал ГК Росатом	https://rosatom.ru

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Therm_DZ
П.5	Microsoft Office
П.6	LMS Canvas
П.7	MS Teams
П.8	Консультант Плюс
П.9	Garant.ru
П.10	MATLAB
П.11	MATCAD
П.12	ThermoCalc

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

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

### 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
К-202	Аудитория для самостоятельной работы студентов и курсового проектирования:	доска, комплект учебной мебели, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
К-211	Аудитория для самостоятельной работы и курсового проектирования	10 рабочих мест, персональный ЭВМ, подключенных к корпоративной сети НИТУ «МИСиС», сетевой принтер, столы, стулья

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами и интерактивными досками, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Занятия

проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint. Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе, с предустановленным необходимым программным обеспечением и специализированной лаборатории гидро- и пирометаллургических процессов.

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации

Для изучения дисциплины в библиотеке вуза должна быть в наличии обязательная и дополнительная учебная литература по рекомендации кафедры.