

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 10

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

17

часов на контроль

27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	17			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Практические	68	68	68	68
Итого ауд.	136	136	136	136
Контактная работа	136	136	136	136
Сам. работа	17	17	17	17
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Божко Галина Геннадьевна*

Рабочая программа

**Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких 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 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 16.05.2023 г., №14

Руководитель подразделения Тарасов В. П.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Научить понимать и анализировать основные технологические процессы производства тугоплавких и рассеянных редких металлов на основе анализа физико-химических превращений, протекающих в металлургических агрегатах, с учетом комплексности извлечения компонентов сырья и охраны окружающей среды, и обосновывать технологические схемы переработки сырья.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.17
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Защитные покрытия на металлопродукции	
2.1.2	Информационные технологии в деформационной обработке металлов	
2.1.3	Комплексное использование сырья и техногенных материалов	
2.1.4	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения	
2.1.5	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов	
2.1.6	Материаловедение неметаллических материалов	
2.1.7	Методы исследования технологических процессов и оборудования	
2.1.8	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов	
2.1.9	Моделирование процессов и объектов в металлургии	
2.1.10	Наилучшие доступные технологии в металлургии	
2.1.11	Оборудование литейных цехов	
2.1.12	Основы аддитивных технологий	
2.1.13	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.1.14	Охрана труда и промышленная безопасность	
2.1.15	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов	
2.1.16	Производство благородных металлов	
2.1.17	Производство легких металлов	
2.1.18	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.19	Производство редких металлов	
2.1.20	Производство слитков из сплавов цветных металлов	
2.1.21	Современные методы исследования металлических материалов	
2.1.22	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования	
2.1.23	Специальные способы литья	
2.1.24	Теория металлургических процессов	
2.1.25	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем	
2.1.26	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии	
2.1.27	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.1.28	Технология композиционных материалов	
2.1.29	Экология металлургического производства	
2.1.30	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях	
2.1.31	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.1.32	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.1.33	Конструирование литейной оснастки, раздел 2	
2.1.34	Логистика вторичных ресурсов	
2.1.35	Металловедение, часть 2	
2.1.36	Металлургия благородных металлов	
2.1.37	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.1.38	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.1.39	Модельное производство	
2.1.40	Огнеупоры металлургического производства	
2.1.41	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	
2.1.42	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.	
2.1.43	Производство отливок из стали и чугуна	
2.1.44	Производство тяжелых цветных металлов	

2.1.45	Производство ферросплавов
2.1.46	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.1.47	Технологические линии и комплексы ОМД
2.1.48	Физико-механические свойства металлов
2.1.49	Химия окружающей среды
2.1.50	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.1.51	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов
2.1.52	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД
2.1.53	Конструирование литейной оснастки, раздел I
2.1.54	Металловедение, часть I
2.1.55	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.1.56	Металлургия тяжелых цветных металлов
2.1.57	Методы анализа структуры металлов и сплавов
2.1.58	Метрология и измерительная техника
2.1.59	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.1.60	Современные методы производства сплошных и полых изделий
2.1.61	Теория и технология производства стали в электропечах
2.1.62	Теплотехника и экодизайн металлургических печей
2.1.63	Технологии и оборудование для модификации поверхности
2.1.64	Технология композиционных материалов
2.1.65	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий
2.1.66	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии
2.1.67	Металлургия алюминия и магния
2.1.68	Многокомпонентные диаграммы состояния
2.1.69	Научные основы нанесения покрытий
2.1.70	Основы бизнеса в металлургии
2.1.71	Основы электрометаллургического производства
2.1.72	Производство стали в конвертерах
2.1.73	Процессы формования и спекания металлических порошков
2.1.74	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением
2.1.75	Рециклинг металлов
2.1.76	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента
2.1.77	Технология литейного производства
2.1.78	Физико-химические процессы в литейном производстве
2.1.79	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов
2.1.80	Инженерные расчеты в металлургии
2.1.81	Методы исследования свойств металлов и сплавов
2.1.82	Организация и математическое планирование эксперимента
2.1.83	Органическая химия в металлургии
2.1.84	Основы пиро- и гидрометаллургического производства
2.1.85	Основы теории литейных процессов
2.1.86	Потребительские свойства металлургической продукции
2.1.87	Процессы получения металлических порошков
2.1.88	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий
2.1.89	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации
2.1.90	Термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.1.91	Технологические измерения и приборы
2.1.92	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.1.93	ARTCAD
2.1.94	Обогащение руд
2.1.95	Оборудование для процессов порошковой металлургии
2.1.96	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов
2.1.97	Основы минералогии и петрографии

2.1.98	Прикладная кристаллография
2.1.99	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.100	Теория индустриальных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Автоматизация процессов экстракции
2.2.2	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.3	Аффинаж благородных металлов
2.2.4	Дефекты в отливках, способы выявления и устранения
2.2.5	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение
2.2.6	Инженерия биоповерхностей
2.2.7	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.8	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.9	Материалы на основе углерода
2.2.10	Металловедение, часть 3
2.2.11	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.12	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.13	Моделирование литейных процессов
2.2.14	Оборудование и технологии специальной электрометаллургии
2.2.15	Обращение со шлаками и шламами
2.2.16	Планирование эксперимента
2.2.17	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.18	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.19	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства свинца, цинка и сопутствующих элементов
2.2.20	Современные методы металлургии и машиностроения
2.2.21	Современные технологические решения в деформационной обработке металлов и сплавов
2.2.22	Технология производства твердых сплавов
2.2.23	Экологическая экспертиза
2.2.24	Научно-исследовательская работа
2.2.25	Научно-исследовательская работа
2.2.26	Научно-исследовательская работа
2.2.27	Научно-исследовательская работа
2.2.28	Научно-исследовательская работа
2.2.29	Научно-исследовательская работа
2.2.30	Научно-исследовательская работа
2.2.31	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.32	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.33	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.34	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.35	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.36	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.37	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

**ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалобработке**

**Знать:**

ПК-4-31 Типы оборудования основных металлургических процессов в области металлургии тугоплавких и рассеянных редких металлов

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

**Знать:**

ПК-2-31 Методы моделирования физических, химических и технологических процессов. Физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности

**ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалобработке**

<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Выбирать и рассчитывать технологические схемы переработки конкретного сырья с учетом его комплексного использования, экологических требований и экономической целесообразности
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Использовать соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов. Использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности
<b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Методами анализа и выбора технологических процессов в металлургии редких металлов с учетом экологической безопасности, комплексности в переработке сырья и экономической целесообразности
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Навыками выбора и применения соответствующих методов моделирования физических, химических и технологических процессов. Навыками использования физико-математического аппарата для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности

#### 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. Введение. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства вольфрама</b>							
1.1	Классификация тугоплавких металлов. Основные свойства вольфрама и области применения. Минералы и месторождения вольфрама. Способы вскрытия вольфрамсодержащего сырья. Анализ технологических схем с точки зрения ресурсо- и энергосбережения. Получение вольфрамовой кислоты и паравольфрамата аммония. Технология получения порошка вольфрама. Получение компактного вольфрама. Получение крупногабаритных слитков вольфрама. Аппаратурное оформление процессов. Анализ производства вольфрама по энергосберегающим показателям. /Лек/	10	16	ПК-4-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3		КМ1	

1.2	Расчет рационального состава вольфрамитового и шеелитового концентрата. Выбор ресурсосберегающих технологических схем переработки вольфрамитового и шеелитового концентрата. Расчет полного и операционного баланса технологических схем. /Пр/	10	12	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э4 Э5			Р1
1.3	Домашнее задание 1 /Ср/	10	2	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л2.2 Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э4 Э5			Р6
<b>Раздел 2. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства молибдена</b>								
2.1	Основные свойства молибдена и области применения. Минералы молибдена и месторождения. Анализ способов переработки молибденитовых концентратов с точки зрения ресурсо- и энергосбережения. Переработка молибденитовых огарков. Выделение молибдена из аммиачных растворов. Получение молибденового ангидрида. Аппаратурное оформление процессов. Производство молибденового порошка и компактных изделий. Анализ технологических показателей производства молибдена по энергосберегающим показателям. /Лек/	10	12	ПК-4-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э4		КМ1	
2.2	Расчет рационального состава молибденитового концентрата. Расчет полного и пооперационного баланса технологических схем переработки молибденового сырья с учетом его комплексного использования (извлечение рения) и энергосбережения. /Пр/	10	12	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2Л2.4 Л2.5Л3.2 Э1 Э4 Э5			Р2
2.3	Домашнее задание 2 /Ср/	10	2	ПК-4-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э3 Э4 Э5			Р7

	<b>Раздел 3. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тантала и ниобия</b>							
3.1	Основные свойства тантала и ниобия, области применения. Минеральное сырье и месторождения тантала и ниобия. Анализ технологических схем переработки сырья с точки зрения ресурсо- и энергосбережения. Переработка танталит-колумбитовых концентратов разложением плавиковой кислотой. Вскрытие лопаритовых концентратов хлорированием. Переработка продуктов вскрытия концентратов. Разделение тантала и ниобия и очистка от примесей. Технология получения металлических тантала и ниобия. Выбор аппаратного оформления с учетом энергосберегающих показателей. /Лек/	10	12	ПК-4-31 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	
3.2	Расчет рационального состава танталит-колумбитового и лопаритового концентрата. Расчет полного и пооперационного баланса технологических схем переработки тантала и ниобия сырья с учетом ресурсо- и энергосбережения. /Пр/	10	16	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л3.1Л3.2 Э1 Э4 Э5			Р3
3.3	Домашнее задание 3 /Ср/	10	2	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.5Л3.2 Э1 Э4 Э5			Р8
	<b>Раздел 4. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства титана, циркония и гафния</b>							



4.1	<p>Основные свойства и области применения титана и циркония.</p> <p>Характеристика рудного сырья. Выбор ресурсосберегающей технологии производства титана. Восстановительная плавка ильменитового концентрата. Хлорирование титановых шлаков, конденсация хлоридов.</p> <p>Аппаратурное оформление процессов с учетом энергосбережения. Очистка технического тетрахлорида титана.</p> <p>Способы вскрытия цирконовых концентратов. Выбор ресурсосберегающей технологии производства циркония. Варианты разделения циркония и гафния.</p> <p>Магниетермическое восстановление тетрахлорида титана и циркония.</p> <p>Электролитический способ получения металлического циркония. Йодидное рафинирование титана циркония. Получение компактного металла.</p> <p>Выбор оборудования для производства титана, циркония и гафния с учетом энергосбережения. /Лек/</p>	10	16	ПК-4-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	
4.2	<p>Расчет рационального состава ильменитового концентрата.</p> <p>Расчет рационального состава цирконового концентрата.</p> <p>Расчет рационального состава лопаритового концентрата.</p> <p>Расчет рационального состава бадделеитового концентрата. /Пр/</p>	10	16	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л2.5Л2.4 Л3.1Л3.2 Э4 Э5			Р4
4.3	<p>Выбор и обоснование ресурсо- и энергосберегающего варианта переработки концентратов или промпродукта титана и циркония в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта. /Ср/</p>	10	7	ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.5 Л3.1Л3.2 Э1 Э4 Э5			Р10
	<b>Раздел 5. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства рассеянных металлов</b>							

5.1	Классификация и характеристика рассеянных металлов. Примеры попутного извлечения рассеянных металлов в процессе переработки сырья и отходов цветных металлов. Анализ ресурсосберегающих технологий производства рассеянных металлов. Поведение рения при переработке медно-молибденовых концентратов. Основные свойства германия и его соединений. Области применения. Извлечение германия из различных видов сырья. Способы очистки германия от примесей. Свойства и области применения галлия. Получение галлиевого концентрата при производстве алюминия. Получение металлического галлия и способы его рафинирования. /Лек/	10	12	ПК-4-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	
5.2	Выбор ресурсо- и энергосберегающих технологий получения рассеянных металлов в зависимости от источников сырья, химического состава сырья и требованиям к конечному продукту. /Пр/	10	12	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л3.1Л3.2 Э1 Э4 Э5			Р5
5.3	Домашнее задание 4 /Ср/	10	4	ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р9

### 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	ПК-4-31;ПК-2-31	<p>1 Для какого сырья применяют автоклавно-содовый способ переработки концентратов (температура процесса, расход соды, аппаратное оформление)?</p> <p>2 Назовите пути совершенствования автоклавно-содового выщелачивания.</p> <p>3 Процесс конденсации и состав ПГС после хлорирования лопаритового концентрата.</p> <p>4 Из каких аппаратов состоит система конденсации тетрахлорида титана?</p> <p>5 С какой целью проводят восстановительную плавку ильменитового концентрата?</p> <p>6 Назовите перечень и основные характеристики аппаратов для восстановительной плавки ильменитового концентрата.</p> <p>7 Каковы физико-химические основы технологии получения чистого триоксида молибдена методом возгонки молибденовых огарков?</p> <p>8 Назовите физико-химические основы окислительного обжига молибденитовых концентратов.</p> <p>9 Какова практика обжига в печи КС?</p> <p>10 Какова характеристика огарка, полученного при обжиге в печи кипящего слоя?</p> <p>11 Обоснуйте состав шихты для переработки вольфрамитовых концентратов спеканием с содой. Приведите основные показатели процесса.</p> <p>12 Каковы физико-химические основы металлургического получения титановой губки из тетрахлорида титана?</p> <p>13 Что лежит в основе выбора металла-восстановителя для металлургического получения редких металлов?</p> <p>14 Физико-химические основы хлорирования титановых шлаков.</p> <p>15 Какова роль углерода в процессе хлорирования?</p> <p>16 Проведите сравнительный анализ способов хлорирования.</p> <p>17 Каковы физико-химические основы переработки циркона спеканием с фторсиликатом калия?</p> <p>18 В каких продуктах преимущественно концентрируется Ge при сжигании каменных углей в окислительной атмосфере?</p> <p>19 При каких условиях в процессе гидролиза <math>GeCl_4</math> достигается наименьшая растворимость <math>GeO_2</math>?</p> <p>20 С помощью какого реагента перерабатывают первичный концентрат германия?</p> <p>21 Какой восстановитель применяют для получения Ge из <math>GeO_2</math>?</p> <p>22 Для примесей с каким Кр применим метод Чохральского для получения монокристалла германия?</p> <p>23 От какой примеси необходима глубокая очистка Ge?</p> <p>24 Назовите основные источники получения рассеянных металлов.</p> <p>25 Какие продукты переработки алюминиевого сырья служат основным источником получения галлия?</p> <p>26 На чем основано обогащение галлием алюминатных растворов содово-известкового способа производства глинозема?</p> <p>27 Укажите промышленный способ извлечения галлия из оборотных растворов процесса Байера.</p> <p>28 На чем основано раздельное осаждение гидроокиси галлия и гидроокиси алюминия при карбонизации алюминатных растворов?</p> <p>29 Укажите промышленный метод получения галлия из концентрата (~20% Ga).</p> <p>30 От каких примесей идет очистка галлия в процессе его электролитического выделения?</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	Практическое занятие 1	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчет рационального состава вольфрамитового и шеелитового концентрата. Выбор ресурсосберегающих технологических схем переработки вольфрамитового и шеелитового концентрата. Расчет полного и пооперационного баланса технологических схем переработки вольфрамитового и шеелитового концентрата.

P2	Практическое занятие 2	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчет рационального состава молибденитового концентрата. Расчет полного и пооперационного баланса технологических схем переработки молибденового сырья с учетом его комплексного использования (извлечение рения) и энергосбережения.
P3	Практическое занятие 3	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчет рационального состава танталит- колумбитового и лопаритового концентрата. Расчет полного и пооперационного баланса технологических схем переработки тантала и ниобия сырья с учетом ресурсо- и энергосбережения
P4	Практическое занятие 4	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчет рационального состава ильменитового концентрата. Расчет рационального состава цирконового концентрата. Расчет рационального состава лопаритового концентрата. Расчет рационального состава бадделеитового концентрата.
P5	Практическое занятие 5	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Выбор ресурсо- и энергосберегающих технологий получения рассеянных металлов в зависимости от источников сырья, химического состава сырья и требованиям к конечному продукту.
P6	Домашнее задание 1	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Вариант ДЗ 1. Рассчитать рациональный состав вольфрамитового концентрата, шихту для спекания с содой. Исходные данные для расчета: 1 Химический состав концентрата %: 68,5WO <sub>3</sub> ; 0,1 Mo; 2,0 SiO <sub>2</sub> ; 0,02 P; 0,015 As; 9,5 Fe; 9,1 Mn; 0,15 S; прочие – до 100. 2 Производительность цеха по концентрату – 1800 т/год. 3 Состав шихты для спекания: концентрат + сода + селитра + отвалы для выщелачивания. Содержание WO <sub>3</sub> в шихте – 25%; Содержание WO <sub>3</sub> в отвалах – 2%. 5 Количество Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> – 80% от теоретически необходимого количества. 6 Количество селитры 2% от массы концентрата. 7 Состав технической соды – 98% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . 8 Количество рабочих дней в году – 350. Минералогический состав концентрата: вольфрамит (50% WO <sub>3</sub> – FeWO <sub>4</sub> ; 50% WO <sub>3</sub> – MnWO <sub>4</sub> ), молибденит (MoS <sub>2</sub> ), аурипигмент (As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ).
P7	Домашнее задание 2	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Вариант ДЗ 2. Рассчитать материальный баланс и рациональный состав продуктов обжига молибденитового концентрата в кипящем слое. 1 Рациональный состав концентрата (%): 82,0 MoS <sub>2</sub> ; 1,3 CuFeS <sub>2</sub> , 2,34 FeS <sub>2</sub> ; 2,61 CaCO <sub>3</sub> ; 5,1 SiO <sub>2</sub> ; 2,5 – влага; 1,5 – флотореагенты (условно C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> ); прочие – до 100. 2 В пыль при обжиге переходит 30% концентрата. 3 Степень окисления молибдена в огарке 97%, в пыли – 70%. 4 Сульфидная сера в огарке и пыли связана только с молибденом. Минералогический состав огарка и пыли: MoS <sub>2</sub> MoS <sub>2</sub> , высшие оксиды железа и меди, сульфат кальция, кварцит. 5 При обжиге молибденита в кипящем слое 10% SO <sub>2</sub> в газах окисляется до SO <sub>3</sub> . 6 Избыток воздуха при обжиге 80%.

P8	Домашнее задание 3	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Варианты ДЗ 3.</p> <p>1 Составить принципиальную схему получения металлического Nb при переработке танталит-колумбитового концентрата.</p> <p>2 Составить принципиальную схему получения металлического Ta при переработке танталит-колумбитового концентрата.</p> <p>3 Составить технологическую схему получения порошка Ta из лопаритового концентрата.</p> <p>4 Составить технологическую схему получения порошка Nb из лопаритового концентрата.</p> <p>5 Составить принципиальную схему получения металлического Ta из смеси оксидов Ta и Nb, содержащих 90% оксида Ta.</p> <p>6 Составить принципиальную схему получения металлического Nb из смеси оксидов Ta и Nb, содержащих 90% оксида Nb.</p> <p>7 Составить технологическую схему и дать характеристику основных технологических переделов для получения Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (содержащего 99,99% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) из лопаритового концентрата.</p> <p>8 Составить технологическую схему и дать характеристику основных технологических переделов для получения металлического Nb из смеси хлоридов, содержащей 80% NbOCl<sub>3</sub>, остальное NbCl<sub>5</sub> + TaCl<sub>5</sub>.</p> <p>9 Составить технологическую схему и дать характеристику основных технологических переделов для получения металлического Ta из смеси хлоридов, содержащей 80% TaCl<sub>5</sub>, остальное NbCl<sub>5</sub> + NbOCl<sub>3</sub>.</p> <p>10 Дать схему и основы процесса получения Nb высокой чистоты из вторичного сырья, содержащего Nb, Fe и Ta.</p> <p>11 Дать схему и основы процесса получения Ta высокой чистоты из вторичного сырья, содержащего Nb, Fe и Ta.</p> <p>12 Предложить технологическую схему получения порошка Nb из пирохлора.</p> <p>13 Предложить технологическую схему получения порошка Ta из пирохлора.</p> <p>14 Предложить технологическую схему получения высокочистого порошка Nb, пригодного для легирования циркония, из черного металла.</p>
P9	Домашнее задание 4	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Варианты ДЗ 4.</p> <p>Выбор и обоснование варианта схемы переработки медно-молибденовых концентратов с получением ренийевого продукта.</p> <p>Выбор и обоснование варианта схемы извлечения германия при переработке свинцово-цинковых концентратов.</p> <p>Выбор и обоснование варианта схемы переработки молибденитовых концентратов с получением ренийевого продукта.</p> <p>Выбор и обоснование варианта схемы извлечения галлия при переработке алюминиевого сырья в зависимости от химического и минералогического состава</p> <p>Выбор и обоснование варианта схемы извлечения германия при переработке медных концентратов.</p> <p>Выбор и обоснование варианта схемы извлечения германия при переработке углей.</p>
P10	Выбор и обоснование ресурсо- и энергосберегающего варианта переработки концентратов или промпродукта титана и циркония в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта .	ПК-4-В1;ПК-4-У1	<p>На основании научно-технической и учебной литературы выбрать и обосновать ресурсо- и энергосберегающий вариант переработки концентратов или промпродукта титана и циркония в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта .</p>

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

Варианты экзаменационных билетов:

Экзаменационный билет № 1

1 Физико-химические основы окислительного обжига молибденитовых концентратов. Практика обжига в многоподовой печи. Характеристика огарков, полученных в многоподовой печи.

2 Очистка технического  $TiCl_4$  от примесей.

3 Магнитермический способ восстановления хлорида циркония.

Экзаменационный билет № 2

1 Выщелачивание вольфрамсодержащих спеков. Состав раствора вольфрамата натрия. Режимы процесса, аппаратура.

2 Физико-химические основы хлорирования титановых шлаков. Роль углерода в процессе хлорирования. Сравнительный анализ способов хлорирования.

3 Способы очистки технического тетраоксида германия.

Экзаменационный билет № 3

1 Переработка молибденовых огарков гидрометаллургическим способом. Очистка от примесей. Варианты выделения ПМА из аммиачных растворов.

2 Переработка лопаритовых концентратов методом хлорирования в расплаве солей. Технология и аппаратное оформление процесса.

3 Иодидное рафинирование циркония. Аппаратурное оформление процесса.

Экзаменационный билет № 4

1 Вскрытие танталит-колумбитовых концентратов плавиковой кислотой. Разделения фтортанталата- и фторниобата калия дробной кристаллизацией. Технология и аппаратное оформление процесса.

2 Ректификационное разделение хлоридов металлов. Типы колонн, примеры ректификационного разделения.

3 Способы рафинирования технического галлия.

Экзаменационный билет № 5

1 Переработка циркона спеканием с фторсиликатом калия.

2 Способы механической обработки спеченых вольфрамовых штабиков.

Производство вольфрамовой проволоки.

3 Физико-химические основы очистки германия фракционной кристаллизацией.

Экзаменационный билет № 6

1 Производство порошкообразного вольфрама. Термодинамика и кинетика процесса. Аппаратура и режим восстановления.

2 Рафинирование тугоплавких металлов с использованием электроннолучевой и дуговой вакуумных плавов.

3 Карботермическое восстановление оксида ниобия. Характеристика процесса.

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

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме 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 твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме 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, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

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

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Зеликман А. Н., Меерсон Г. А.	Металлургия редких металлов: учеб.пособие для студентов вузов по спец. 'Металлургия цвет.металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1973
Л1.2	Зеликман А. Н., Коршунов Б. Г.	Металлургия редких металлов: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1991

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Коровин С. С., Зими́на Г. В., Резник А. М., др.	Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология	Электронная библиотека	, 1996
Л2.2	Зеликман А. Н., Никитина Л. С.	Вольфрам	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1978
Л2.3	Кулифеев Владимир Константинович, Леонова Людмила Михайловна, Божко Галина Геннадьевна, Кропачев Андрей Николаевич, Миклушевский Владимир Владимирович	Металлургия редких металлов: лаб. практикум для студ. вузов спец. - Металлургия цветных металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.4	Зеликман А. Н.	Молибден	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1970
Л2.5	Крейн Ольга Ефимовна, Беляевская Людмила Васильевна, Вольдман Григорий Маркович, др., Коршунов Борис Георгиевич	Металлургия редких металлов и порошковая металлургия: сб. задач по металлург. расчетам в производстве редких металлов: Учеб. пособие для студ. спец. 0402, 0635	Библиотека МИСиС	М.: Учебка, 1986

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Зеликман А. Н., Крейн О. Е., Беляевская Л. В., др., Меерсон Г. А.	Лабораторный практикум по общему курсу "Металлургия редких металлов"	Библиотека МИСиС	М.: Учебка, 1972
Л3.2	Богатырева Елена Владимировна, Соколов В. А., Стрижко Леонид Семенович, др.	Инженерные расчеты в металлургии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

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

Э1	Научная электронная библиотека	eLIBRARY.RU
Э2	Российская Государственная Библиотека	<a href="https://www.rsl.ru/">https://www.rsl.ru/</a>
Э3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>
Э4	Электронная библиотека МИСиС	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
Э5	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru/">https://www.studmed.ru/</a>

### 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	Microsoft Office
П.5	LMS Canvas
П.6	MS Teams
П.7	Консультант Плюс

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

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
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
К-206	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
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.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекции и часть практических занятий проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.

Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, и при личной явке.

Текущий контроль проводится в часы практических и занятий.

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