

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.10.2023 14:47:43

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Получение особо чистых веществ

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Металлы высоких технологий

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

76

самостоятельная работа

32

часов на контроль

36

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	38	38	38	38
Практические	38	38	38	38
Итого ауд.	76	76	76	76
Контактная работа	76	76	76	76
Сам. работа	32	32	32	32
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

**Получение особо чистых веществ**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

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

Составлена на основании учебного плана:

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

Утверждена в составе ОПОП ВО:

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

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 14.03.2023 г., №11

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

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины - формирование знаний для подготовки специалиста к научно-исследовательской и технологической видам деятельности в области производства особочистых металлов металлов высоких технологий и их соединений
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Python для анализа данных	
2.1.2	Инструменты цифрового менеджмента	
2.1.3	Научно-исследовательская практика	
2.1.4	Оказание первой помощи пострадавшим	
2.1.5	Организация и математическое планирование эксперимента	
2.1.6	Основы проектирования и строительного дела	
2.1.7	Процессы и аппараты электрометаллургического производства	
2.1.8	Ресурсо- и энергосбережение в производстве легких редких металлов, ч.1	
2.1.9	Ресурсо- и энергосбережение в производстве редкоземельных металлов, ч.1	
2.1.10	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.1	
2.1.11	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тяжелых цветных металлов и сопутствующих элементов, ч.1	
2.1.12	Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.1.13	Инженерные расчеты	
2.1.14	Процессы и аппараты гидрометаллургического производства	
2.1.15	Процессы и аппараты пирометаллургического производства	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

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

<b>ОПК-3: Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-3-31 классификации чистых веществ	
ОПК-3-32 основы управления технологическими процессами получения высокочистых веществ, требования к материалам, используемых при изготовлении аппаратуры в производстве особочистых веществ	
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-4-31 методологические аспекты проблемы получения, сохранения и использования особо чистых веществ	
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-1-31 физико-химические основы процессов получения особо чистых веществ и их аппаратурное оформление	
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-2-31 способы и технологические схемы получения особо чистых веществ	

<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
<b>ОПК-3: Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-3-У1 принимать решения по управлению технологическими процессами получения высокочистых веществ
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 выбирать и обосновывать способы/технологические схемы очистки конкретных веществ
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 навыками поиска и переработки научной информации в области технологических процессов получения особо чистых веществ
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Владеть:</b>
УК-2-В1 навыками выбора и обосновывания способов/технологических схем очистки конкретных веществ
<b>ОПК-3: Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-3-В1 навыками принятия решений по управлению технологическими процессами получения высокочистых веществ

#### 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</b>							
1.1	Классификации чистых веществ. Физико-химические свойства высокочистых металлов. Классификация методов глубокой очистки веществ. Методологические аспекты проблемы получения, сохранения и использования особо чистых веществ. Факторы, влияющие на процессы получения, хранения, транспортировки и анализа чистых веществ. /Лек/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-3-31	Л1.Л2.3 Л2.6 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 2. Конструкционные материалы в технологиях получения особо чистых веществ</b>							

2.1	Коррозионно-стойкие материалы, их термическая и химическая устойчивость /Лек/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-3-31	Л1.1 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 3. Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Кристаллизационные методы</b>							

3.1	<p>3.1 Кристаллизация из расплавов:</p> <p>3.1.1 Направленная кристаллизация: физико-химические основы метода, равновесный и эффективный коэффициенты разделения и их связь с диаграммой состояния, распределение примесей по длине образца, аппаратурное оформление процесса.</p> <p>3.1.2 Зонная плавка: особенности процесса; распределение примесей по длине слитка; аппаратурное оформление процесса.</p> <p>3.2 Кристаллизация из растворов: Основные закономерности кристаллизации из растворов. Условия создания и свойства пересыщенных растворов. Способы снятия пересыщения. Образование центров кристаллизации. Количественные характеристики процесса кристаллизации. Равновесная и неравновесная кристаллизация. Фракционирование примесей в процессе кристаллизации. Причины захвата микропримесей твердой фазой. Роль явления изоморфизма в процессах распределения микропримесей. Влияние различных факторов на фракционирование микропримесей и возможности регулирования величины коэффициента распределения. Примеры практического применения процессов кристаллизации из раствора для получения чистых соединений редких металлов.</p> <p>3.3 Методы получения монокристаллов. Выращивание монокристаллов из растворов, расплавов, газовой фазы, схемы аппаратов</p> <p>/Лек/</p>	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 УК-2-31 УК-1-31	Л1.1 Л2.3 Л2.6Л2.1 Э1 Э2 Э3			
-----	--	---	---	--	-----------------------------------	--	--	--

3.2	Практические занятия по разделу №3 "Особенности кристаллизационных методов глубокой очистки веществ" /Пр/	3	4	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1	Л1.1 Л2.3Л2.2 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 Э3			Р1
3.3	Домашнее задание №1 по разделу "Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Кристаллизационные методы" /Ср/	3	5	ОПК-4-В1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.6 Э1 Э2 Э3			Р2
	<b>Раздел 4. Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Дистилляционные методы</b>							
4.1	4.1 Дистилляция: физико-химические основы, равновесие в системе жидкость-пар для разбавленных растворов, коэффициент разделения, простая перегонка, молекулярная дистилляция.  4.2 Ректификация: особенности ректификации чистых веществ; разновидности ректификации; принципы расчета ректификационных колонн  4.3 Сублимация: равновесие в системе твердое вещество-пар; кинетика сублимации; основные закономерности процесса конденсации; варианты аппаратного оформления /Лек/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-3-31 ОПК-3-32 УК-2-31 УК-1-31	Л1.1Л2.3 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
4.2	Практические занятия по разделу №4 "Особенности дистилляционных методов глубокой очистки веществ" /Пр/	3	4	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1	Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.8			Р3
4.3	Домашнее задание №2 по разделу "Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Дистилляционные методы" /Ср/	3	5	ОПК-4-В1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.6Л2.5 Э1 Э2 Э3			Р4
	<b>Раздел 5. Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Электродуговая, электроннолучевая и плазменная плавки</b>							

5.1	Физико-химические основы процесса рафинирования металлов методами электродуговой, электроннолучевой и плазменной плавки. Конструкции электронных плавильных установок. Вакуумные системы плавильных печей. Установки для плазменной плавки металлов. Получение чистых ниобия, тантала, вольфрама и других редких металлов /Лек/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-3-31 ОПК-3-32 УК-2-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2 Э3			
5.2	Практические занятия по разделу №5 "Получение чистых ниобия, тантала, вольфрама и других редких металлов" /Пр/	3	6	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1 УК-2-У1	Л1.1 Э1 Э2 Э3			Р5
	<b>Раздел 6. Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Экстракционные и сорбционные методы</b>							
6.1	6.1 Экстракционные методы очистки: преимущества и недостатки экстракции для глубокой очистки веществ; основные характеристики экстракционных систем  6.2 Сорбционные методы очистки: классификация сорбционных методов разделения веществ; требования к сорбентам, используемых для глубокой очистки растворов; виды хроматографии; получение особо чистой воды. /Лек/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-3-31 ОПК-3-32 УК-2-31 УК-1-31	Л1.5 Л2.3Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3			
6.2	Практические занятия по разделу №6 "Особенности экстракционных и сорбционных методов глубокой очистки веществ" /Пр/	3	8	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1 УК-2-У1	Л1.5 Л2.3 Э1 Э2 Э3			Р6
6.3	Домашнее задание №3 по разделу "Физико-химические методы очистки. Экстракционные и сорбционные методы" /Ср/	3	10	УК-2-В1 ОПК-4-В1	Л1.5 Л2.3 Л2.6 Э1 Э2 Э3			Р12
	<b>Раздел 7. Химические методы глубокой очистки веществ</b>							



7.1	7.1 Транспортные реакции: особенности и выбор транспортных реакций для глубокой очистки веществ; иодидное рафинирование, сущность метода и влияние различных факторов на эффективность переноса очищенного металла; аппаратное оформление  7.2 Осаждение и соосаждение примесей с коллектором: разновидности метода соосаждения примесей с коллекторами /Лек/	3	5	ОПК-4-31 ОПК-3-31 ОПК-3-32 УК-2-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.3 Л1.7 Э1 Э2 Э3			
7.2	Практические занятия по разделу №7 "Особенности химических методов глубокой очистки веществ" /Пр/	3	4	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1 УК-2-У1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2 Э3			Р7
7.3	Домашнее задание №4 по разделу "Химические методы глубокой очистки веществ" /Ср/	3	5	ОПК-4-В1 ОПК-3-В1 УК-2-В1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2 Э3			Р8
	<b>Раздел 8. Электрохимические методы глубокой очистки</b>							
8.1	Теоретические основы глубокой очистки металлов с помощью электрохимических методов. Скорость электродного процесса Электрохимическая и диффузионная кинетика. Поляризационные кривые индивидуальных ионов и смесей ионов. Катодные и анодные процессы. Цементация. Анодное рафинирование Электрохимические процессы с использованием твердых и жидких электродов. Электролиз /Лек/	3	5	ОПК-4-31 ОПК-3-31 ОПК-3-32 УК-2-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л2.7 Э1 Э2 Э3			
8.2	Практические занятия по разделу №8 "Особенности электрохимических методов глубокой очистки веществ" /Пр/	3	4	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1 УК-2-У1	Л1.1 Э1 Э2 Э3			Р9
	<b>Раздел 9. Технологические схемы получения и рафинирования металлов высоких технологий и их соединений</b>							
9.1	Практические занятия по разделу №9 "Изменение примесного состава в технологическом цикле концентрат-чистый металл" /Пр/	3	8	ОПК-4-У1 ОПК-3-У1 УК-2-У1	Л1.1 Л2.2 Л1.3 Л2.6 Э1 Э2 Э3			Р10

9.2	Домашнее задание №5 по разделу "Технологические схемы получения и рафинирования металлов высоких технологий и их соединений" /Ср/	3	7	ОПК-4-В1 УК-2-В1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2 Э3			P11
-----	---	---	---	------------------	-----------------------	--	--	-----

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-3-31;ОПК-3-32;ОПК-3-У1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-1-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В каких единицах выражается чистота металлов и содержание примесей?</li> <li>2. Перечислить и дать характеристику категорий степени чистоты реактивов.</li> <li>3. Что такое "Промилле"?</li> <li>4. Соотнести с процентами единицы измерения ppm, ppb, ppt.</li> <li>5. Выразить в процентах чистоту металла, если их чистота равна 3N+, 4N3, 6N7.</li> <li>6. Каковы общие принципы классификации процессов рафинирования?</li> <li>7. Перечислить укрупненные группы методов очистки металлов.</li> <li>8. Каковы требования к материалам оборудования для получения особо чистых веществ?</li> <li>9. Какими факторами определяется эффективность кристаллизационных методов очистки веществ?</li> <li>10. В чем различие равновесного и эффективного коэффициентов разделения при кристаллизационных методах очистки?</li> <li>11. Определить выход загрязненных, по сравнению с исходным, частей слитков при однократном рафинировании металла направленной кристаллизацией. Коэффициенты распределения примесей: а) 0,01; б) 0,5.</li> <li>12. Для каких металлов не использовались дистилляционные методы рафинирования : Be, Cr, Zn, Fe, Ni, Mg, Mn, Ga, Cd, Te, V, Sc, Cu, La, Ce, Nd, Y.</li> <li>13. Синтез новых материалов на основе дистилляционных процессов.</li> <li>14. Возможно ли электролитическим рафинированием получать порошки необходимой дисперсности и высокой степени чистоты, как по металлическим, так и по газовым примесям?</li> <li>15. Технологии рафинирования титана, циркония и гафния и их особенности.</li> <li>16. Перечислить возможные варианты управления процессом электролитического рафинирования для получения продукта заданной степени чистоты.</li> <li>17. От каких примесей возможна глубокая очистка циркония йодидным методом?</li> <li>18. Почему при йодидном рафинировании циркония скорость осаждения циркония падает при температуре черного циркония выше 300 оС и вновь возрастает выше 470 оС?</li> <li>19. Сопоставить чистоту слитков циркония, полученных дуговой (с расходуемым электродом) и электронно-лучевой плавкой.</li> <li>20. Классификация электромембранных процессов;</li> </ol>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы

P1	Практические занятия по разделу №3 "Особенности кристаллизационных методов глубокой очистки веществ"	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-3-32;УК-2-31;УК-1-31	1. Термодинамическая оценка эффективности очистки; 2. Определение эффективного коэффициента распределения примеси при кристаллизационной очистке; 3. Расчет профиля распределения примеси по длине слитка при направленной кристаллизации и зонной плавке; 4. Определение влияния размеров зоны и скорости перекристаллизации на профиль распределения примеси по длине слитка; 5. Дробная кристаллизация для разделения близких по свойствам металлов
P2	Домашнее задание №1 по разделу "Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Кристаллизационные методы"	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1	Рассчитать и составить профиль распределения примесей по длине слитка после одного и заданного количества проходов расплавленной зоны
P3	Практические занятия по разделу №4 "Особенности дистилляционных методов глубокой очистки веществ"	ОПК-4-У1;ОПК-3-У1;УК-2-У1;УК-1-31;УК-2-31	1. Причины, ограничивающие глубокую очистку металлов (веществ); 2. Определению закономерностей изменения состава исходного сплава и конденсата во времени; 3. Упрощенные уравнения для оценки изменения содержания металлических примесей в исходном и конденсированном металле после вакуумной дистилляции; 4. Дистилляционная система периодического действия; 5. Фракционная дистилляция; 6. Фракционная сублимация
P4	Домашнее задание №2 по разделу "Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Дистилляционные методы"	ОПК-4-В1;ОПК-3-В1;ОПК-4-У1	1. По уравнениям $p=f(T)$ для заданной системы определить коэффициенты разделения при перегонке чернового металла, содержащего заданное количество примесного металла: а) в вакууме при $T_1$ ; б) в атмосфере аргона при $T_2$ ; 2. Определить температуру кипения соединения металла по заданным координатам точки росы
P5	Практические занятия по разделу №5 "Получение чистых ниобия, тантала, вольфрама и других редких металлов"	УК-2-31;УК-1-31;УК-2-У1	1. Технологии рафинирования вольфрама, молибдена, ниобия, тантала и их особенности. 2. Технологии рафинирования титана, циркония и гафния и их особенности. 3. Технологии рафинирования РЗМ и их особенности.
P6	Практические занятия по разделу №6 "Особенности экстракционных и сорбционных методов глубокой очистки веществ"	УК-2-31;УК-2-У1;УК-1-31	1. Характеристики экстрагентов и экстракционных систем; 2. Типы каскадов для экстракционного разделения; 3. Характеристики ионообменных смол и их характеристики; 4. Разделение и очистка редких металлов 5. Схемы комплексной переработки концентратов РЗМ
P7	Практические занятия по разделу №7 "Особенности химических методов глубокой очистки веществ"	ОПК-3-У1;УК-2-У1;УК-1-31	1. Классификация химических транспортных реакций по А. И. Беляеву; 2. Применение транспортных реакций в технологиях получения особо чистых металлов; 3. Расчет состава газовой фазы и парциальных давлений ее компонентов процесса йодидного рафинирования металлов
P8	Домашнее задание №4 по разделу "Химические методы глубокой очистки веществ"	ОПК-3-В1;УК-2-В1	1. Рассчитать состав и парциальное давление компонентов газовой фазы процесса йодидного рафинирования металла; 2. Рассчитать необходимые с кинетической точки зрения температуру второй стадии йодидного рафинирования титана - термической диссоциации $TiI_4$ при заданном давлении аргона в реакторе и исходном давлении йодида титана

P9	Практические занятия по разделу №8 "Особенности электрохимических методов глубокой очистки веществ"	ОПК-3-32;УК-2-31;УК-2-В1	1. Классификация электромембранных процессов; 2. Электрохимический способ мембранного синтеза неорганических материалов и получения химически чистых наноразмерных оксидов и других соединений металлов
P10	Практические занятия по разделу №9 "Изменение примесного состава в технологическом цикле концентрат-чистый металл"	ОПК-4-31;УК-2-31;УК-2-У1;УК-1-31	Изменение примесного состава в технологическом цикле концентрат-чистый металл
P11	Домашнее задание №5 по разделу "Технологические схемы получения и рафинирования металлов высоких технологий и их соединений"	УК-2-В1	Выбор и обоснование технологических схем получения и рафинирования металлов высоких технологий и их соединений
P12	Домашнее задание №3 по разделу "Физико-химические методы очистки. Экстракционные и сорбционные методы"	ОПК-4-В1;ОПК-3-В1	Выбрать, обосновать и рассчитать экстракционный каскад для получения соединения заданной степени чистоты

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

В экзаменационных билетах 3 теоретических вопроса и 1 задача, на подготовку ответа отводится 1,5 часа. Билеты хранятся на кафедре.

### 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	Девятых Г. Г., Бурханов Г. С.	Высокочистые тугоплавкие и редкие металлы	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1993
Л1.2	Москвитин В. И., Николаев И. В., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: учебник для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Интернет инжиниринг, 2005
Л1.3	Зеликман А. Н.	Металлургия тугоплавких редких металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1986

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Тарасов А. В., Уткин Н. И.	Общая металлургия: Учебник для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1997
Л1.5	Вольдман Г. М.	Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии: Учеб.пособие для вузов по спец.'Металлургия цв.металлов' и 'Хим.технология редких и рассеян.элементов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л1.6	Лукашенко Э. Е., Погодаев А. М., Сладкова И. А.	Ч. 1: Пирометаллургия	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1971
Л1.7	Коршунов Борис Георгиевич	Металлургия рассеянных и редких металлов и проектирование цехов: Разд.: Металлургия ванадия и скандия: Учеб. пособие для студентов спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982
Л1.8	Москвитин Владимир Иванович	Теория электрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий для спец. 0402, 0635	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л1.9	Москвитин Владимир Иванович	Технологические процессы и оборудование отрасли. Разд: Теория, технология и оборудование электрометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец.21.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988
Л1.10	Москвитин Владимир Иванович	Теория электрометаллургических процессов: Лаборатор. практикум для студ. спец. 1102 и 2102	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л1.11	Гульдин И. Т., Арнольд А. А., Лысенко А. П., Москвитин В. И.	Электрометаллургия алюминия и магния и проектирование цехов: Разд.: Теория и технология электролитического рафинирования алюминия: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1984

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Курляндская Г. В., Левит В. И., Васьковский В. О.	Материаловедение: монокристаллы: учебное пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2011
Л2.2	Ванюков А. В., Уткин Н. И.	Комплексная переработка медного и никелевого сырья: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	Челябинск: Металлургия, 1988
Л2.3	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидрометаллургических процессов. Теория и практика гидрометаллургических процессов, лежащих в основе производства цветных и редких металлов: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л2.5	Ванюков А. В., Зайцев В. Я.	Теория пирометаллургических процессов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л2.6	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	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1986
Л2.7	Наливайко А. Ю., Лысенко Андрей Павлович	Получение оксида алюминия высокой чистоты электрохимическим методом в водных растворах солей аммония: автореф. дис... к.т.н., спец. 05.16.02 - "Металлургия черных, цветных и редких металлов"	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018
Л2.8	Ванюков А. В., Федоров А. Н.	Комплексная переработка медного и никелевого сырья : Разд.: Металлургия тяжелых цветных металлов : Оборудование заводов цветной металлургии	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1979
Л2.9	Медведев А. С., Коршунов Б. Г.	Физико-химические основы и технология сорбционно-экстракционных процессов и проектирование цехов: Раздел: Теория ионного обмена и хроматографии: Учеб. пособие для студ. спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1980
Л2.10	Медведев А. С., Коршунов Б. Г.	Физико-химические основы и технология сорбционно-экстракционных процессов и проектирование: Раздел: Теория экстракции. Учеб. пособие для студ. спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1980

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

Э1	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>
Э3	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	MS Teams
П.3	Microsoft Excel
П.4	Microsoft PowerPoint
П.5	Moodle

### 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	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
К-206	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
К-222	Учебная аудитория	комплект учебной мебели на 42 рабочих мест, проектор, экран, доска
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.

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint и мультимедийных средств.
2. Текущий контроль проводится в часы практических занятий.
3. Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты используют специальные базы данных
4. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail и при личной явке.