

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.11.2023 13:37:38  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«31» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ**  
**МЕТАЛЛОВ**

(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация

**№ 07 Химическая технология редких и редкоземельных металлов**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **технологии редких элементов и наноматериалов на их основе**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.07.04

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
зав. кафедрой ТРЭНМ доцент		профессор А.А. Блохин доцент М.А.Афонин

Рабочая программа дисциплины «Ионообменные процессы в технологии редких и радиоактивных элементов» обсуждена на заседании кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе

протокол от «10» марта 2021г. № 5

А.А. Блохин

Заведующий кафедрой

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «27» мая 2021 № 8

Председатель

А.П. Сула

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины .....	6
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	9
4.3. Занятия семинарского типа.....	14
4.4. Самостоятельная работа.....	17
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	19
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	19
7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	19
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	20
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	20
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	21
10.2. Программное обеспечение.....	21
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	21
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	21
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	22
Приложение № 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	23

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<p><b>ПК-6</b> способен к осуществлению и корректировке технологических процессов производства редких и редкоземельных металлов и реализации мер по обеспечению их безопасности</p>	<p><b>ПК-6.3</b> Осуществление технологических процессов извлечения редких, редкоземельных и благородных металлов из природного, вторичного и техногенного сырья</p>	<p><b>Знать:</b> химические свойства редких, редкоземельных и благородных металлов, сырьевые источники, основные технологические процессы их производства; <b>Уметь:</b> выбирать технологический процесс производства того или иного компонента в зависимости от вида перерабатываемого сырья с учетом требований безопасности; <b>Владеть:</b> информацией о технологических процессах производства редких, редкоземельных и благородных металлов,</p>
<p><b>ПК-6</b> способен к осуществлению и корректировке технологических процессов производства редких и редкоземельных металлов и реализации мер по обеспечению их безопасности</p>	<p><b>ПК-6.4</b> Разработка мероприятий по корректировке отдельных стадий технологических процессов производства редких, редкоземельных и благородных металлов</p>	<p><b>Знать:</b> основные тенденции развития технологии редких, редкоземельных и благородных металлов; <b>Уметь:</b> выявлять стадию технологического процесса, нуждающуюся в корректировке и разработать предложения по ее совершенствованию; <b>Владеть:</b> знаниями особенностей технологии различных редких, редкоземельных и благородных металлов и способностью к анализу технологических процессов.</p>

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам специализации (Б1.В.07.04) и изучается на 4 и 5 курсах в 8, 9 и 10 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», «Теоретические основы гидрометаллургических процессов», «Экстракционные процессы в технологии редких и редкоземельных элементов». «Ионообменные процессы в технологии редких и редкоземельных элементов». Полученные в процессе изучения дисциплины знания и умения могут быть использованы при изучении последующих учебных дисциплин, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы и в дальнейшей трудовой деятельности.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов	Семестр		
		8	9	10
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических	14/504	4/144	6/216	4/144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	244	64	108	72
занятия лекционного типа	50	32	18	-
занятия семинарского типа, в т.ч.	32	32	-	-
семинары, практические занятия	32	32	-	-
лабораторные работы (в т.ч. практическая подготовка)	146 (43)	-	90	56
курсовое проектирование (КР или КП)	16-	-	-	16
КСР	-	-	-	-
другие виды контактной работы	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	233	53	108	72
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-	Кр,	Кр,	
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, экзамен)	Экзамен, 2 Зачета, КР	Экзамен	Зачет	Зачет. КР

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Молибден и вольфрам. Историческая справка. Общая характеристика. Области применения.	2	0	0	2	ПК-6.3
2	Химические свойства молибдена и вольфрама. Состояние молибдена и вольфрама в водных растворах.	2	4	0	10	ПК-6.3
3	Сырьевые источники. Обогащение рудного сырья. Технология переработки молибденовых концентратов. Окислительный обжиг. Способы переработки обожженного огарка. Гидрометаллургические методы переработки концентратов. Переработка вторичного сырья. Получение чистого оксида молибдена(VI).	2	4	52	15	ПК-6.3, ПК-6.4
4	Технология переработки шеелитовых и вольфрамитовых концентратов. Кислотный и щелочные методы. Спекание с содой. Процессы автоклавного выщелачивания	2	2	0	15	ПК-6.3, ПК-6.4
5	Переработка растворов вольфрамата натрия на паравольфрамат аммония. Получение оксида вольфрама(VI). Переработка вторичного сырья.	2	4	52	15	ПК-6.3, ПК-6.4
6	Получение металлических молибдена и вольфрама. Восстановление водородом. Металлотермические методы. Получение компактных молибдена и вольфрама. Основы порошковой металлургии. Плавка молибдена и вольфрама	2	2	0	6	ПК-6.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
7	Рений как представитель редких рассеянных элементов Историческая справка. Общая характеристика. Области применения. Химические свойства, состояние в растворах	2	0		4	ПК-6.3
8	Сырьевые источники. Поведение рения при переработке различных видов сырья. Технология рения. Сорбционные и экстракционные методы. Получение металлического рения. Переработка вторичного сырья.	2	4	42	10	ПК-6.3, ПК-6.4
9	Благородные металлы как одна из групп редких элементов. Историческая справка. Области применения. Химические свойства золота. Способы растворения. Состояние золота в водных растворах.	2	0	0	6	ПК-6.3
10	Основные сырьевые источники золота. Способы обогащения рудного сырья. Понятие упорности золотосодержащих руд. Гидрометаллургические методы подготовки рудных концентратов к выщелачиванию золота.	2	2	0	10	ПК-6.3, ПК-6.4
11	Переработка золотосодержащих руд и рудных концентратов. Амальгамирование. Выщелачивание золота. Физико-химические основы процесса цианирования. Практика проведения цианирования.	2	0	0	20	ПК-6.3, ПК-6.4
12	Процессы извлечения золота из растворов и пульп. Цементация. Сорбционные процессы. Применение ионообменных смол и активных углей. Выделение золота из десорбатов.	2	4	0	10	ПК-6.3, ПК-6.4
13	Аффинаж золота. Нецианистые методы выщелачивания золота. Переработка сбросных растворов .	2	2	0	10	ПК-6.3, ПК-6.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
14	Платиновые металлы Химические свойства, состояние платиновых металлов в водных растворах.	2	0	0	12	ПК-6.3
15	Основные сырьевые источники . Поведение платиновых металлов при переработке медно-никелевых руд. Способы концентрирование платиновых металлов. Способы выделение концентрата платиновых металлов из анодных шламов. . Извлечение платиновых металлов из вторичного сырья.	2	2		10	ПК-6.3, ПК-6.4
16	Аффинаж платиновых металлов. Классическая технология аффинажа. Экстракционная технология	2	2		20	ПК-6.3, ПК-6.4
17	Лантаноиды. История открытия лантаноидов. Электронное строение. Важнейшие изотопы. Лантаноидное сжатие.	3			4	ПК-6.3, ПК-6.4
18	Физические и химические свойства лантаноидов, скандия и иттрия.	2			4	ПК-6.3, ПК-6.4
19	Сырьевые источники лантаноидов и скандия. Важнейшие минералы. Получение концентратов обогащением сырья.	2			4	ПК-6.3, ПК-6.4
20	Окислительно-восстановительные методы разделения лантаноидов	3			2	ПК-6.3, ПК-6.4
21	Переработка апатита. Принципиальные технологические схемы.	2			5	ПК-6.3, ПК-6.4
22	Переработка лопарита. Принципиальные технологические схемы.	2			10	ПК-6.3, ПК-6.4
23	Экстракционные процессы в технологии лантаноидов.	2			20	ПК-6.3, ПК-6.4



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
24	Ионообменные процессы в технологии лантаноидов.	2			9	ПК-6.3, ПК-6.4
	ИТОГО	50	32	146	233	-

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<b>Молибден и вольфрам. Историческая справка. Общая характеристика. Области применения.</b> История открытия, происхождение названия. Место молибдена и вольфрама в Периодической таблице Д.И. Менделеева.	2	ЛВ
2	<b>Химические свойства молибдена и вольфрама. Состояние молибдена и вольфрама в водных растворах.</b> Свойства металлов. Состояние соединений молибдена и вольфрама в водных растворах. молибдаты и вольфраматы, изополимолибдаты и изополивольфраматы..	2	ЛВ
3	<b>Сырьевые источники. Обогащение рудного сырья. Технология переработки молибденовых концентратов. Окислительный обжиг. Способы переработки обожженного огарка. Гидрометаллургические методы переработки концентратов. Переработка вторичного сырья. Получение чистого оксида молибдена(VI).</b> Формы нахождения в природе. Молибденит и окисленные минералы молибдена. Шеелит и вольфрамит. Методы обогащения (гравитационные, флотационные). Молибденит. Окислительный обжиг, физико-химические основы процесса. Получение чистого оксида молибдена(VI) из огарков. Метод возгонки оксида молибдена(VI). Гидрометаллургические методы переработки огарка. Сорбционные и экстракционные методы извлечения молибдена из растворов.	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><b>Технология переработки шеелитовых и вольфрамитовых концентратов. Кислотный и щелочные методы. Спекание с содой. Процессы автоклавного выщелачивания.</b></p> <p>Кислотный метод переработки шеелитовых концентратов. Щелочные методы: спекание с содой, автоклавно-содовое выщелачивание, разложение вольфрамитовых концентратов растворами гидроксида натрия.</p>	2	ЛВ
5	<p><b>Переработка растворов вольфрамата натрия на паравольфрамат аммония. Получение оксида вольфрама(VI). Переработка вторичного сырья.</b></p> <p>Очистка растворов вольфрамата натрия от примесей кремния, фосфора и мышьяка. Очистка от молибдена. Конверсия вольфрама из формы вольфрамата натрия в форму вольфрамата аммония классическим осадительным методом. Получение оксида вольфрама(VI) из паравольфрамата аммония.</p>	2	ЛВ
6	<p><b>Получение металлических молибдена и вольфрама. Восстановление водородом. Металлотермические методы. Получение компактных молибдена и вольфрама. Основы порошковой металлургии. Плавка молибдена и вольфрама.</b></p> <p>Восстановление оксидов молибдена(VI) и вольфрама(VI) водородом. Металлотермическое восстановление оксида молибдена (VI). Восстановление галогенидов молибдена и вольфрама водородом.</p>	2	ЛВ
7	<p><b>Рений как представитель редких рассеянных элементов Историческая справка. Общая характеристика. Области применения. Химические свойства, состояние в растворах.</b></p> <p>Место рения в Периодической таблице Д.И. Менделеева. История открытия, происхождение названия, основные области применения. Свойства металлического рения. Состояние рения в водных растворах. Наиболее важные химические соединения. и их свойства.</p>	2	ЛВ
8	<p><b>Сырьевые источники. Поведение рения при переработке различных видов сырья. Технология рения. Сорбционные и экстракционные методы. Получение металлического рения. Переработка вторичного сырья.</b></p> <p>Распространенность рения в земной коре. Сырьевые источники, Поведение при переработке медных и молибденовых рудных концентратов. Другие перспективные сырьевые источники. Методы извлечения рения из технологических растворов, экстракционные и сорбционные методы извлечения рения из технологических растворов (обзор). Электродиализ. Получение металлического рения из перрената аммония.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
9	<p><b>Благородные металлы как одна из групп редких элементов. Историческая справка. Области применения. Химические свойства золота. Способы растворения. Состояние золота в водных растворах.</b></p> <p>Понятие благородные металлы, их место в Периодической таблице Д.И. Менделеева. История открытия, происхождение названия отдельных благородных металлов. Основные области применения благородных металлов.</p> <p>Электронное строение золота, его физические и химические свойства. Способы растворения золота. Формы нахождения золота(I) и золота(III) в растворах. Цианидные, хлоридные, тиомочевинные и тиосульфатные комплексы золота.</p>	2	ЛВ
10	<p><b>Основные сырьевые источники золота. Способы обогащения рудного сырья. Понятие упорности золотосодержащих руд. Гидрометаллургические методы подготовки рудных концентратов к выщелачиванию золота.</b></p> <p>Типы руд и месторождений. Коренные и россыпные месторождения золота. Формы нахождения золота в рудах. Рудоподготовка. Дробление и измельчение. Обогащение. Сортировка и первичное обогащение. Гравитационные методы. Электромагнитные методы. Флотационные методы.</p>	2	ЛВ
11	<p><b>Переработка золотосодержащих руд и рудных концентратов. Амальгамирование. Выщелачивание золота. Физико-химические основы процесса цианирования. Практика проведения цианирования.</b></p> <p>Амальгамирование золота. Ограничения процесса. Гидрометаллургический метод. Теория и практика процесса цианирования. Химизм процесса. Способы осуществления выщелачивания: агитационный способ, перколяция, кучное выщелачивание. Поведение сопутствующих компонентов при взаимодействии с растворами цианида натрия,</p>	2	ЛВ
12	<p><b>Процессы извлечения золота из растворов и пульп. Цементация. Сорбционные процессы. Применение ионообменных смол и активных углей. Выделение золота из десорбатов.</b></p> <p>Выделение золота из осветленных растворов цементацией цинком. Сорбционные процессы извлечения золота. Применение активных углей и анионообменных смол. Химизм процессов сорбции золота активными углями и анионообменными смолами. Способы осуществления сорбции золота: сорбция из осветленных растворов, сорбция из пульп, сорбционное выщелачивание. Явление прег-роббинга и его устранение.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
13	<p><b>Аффинаж золота. Нецианистые методы выщелачивания золота. Переработка сбросных растворов.</b>            Пирометаллургический, химические и электрохимические методы аффинажа золота. Плавка. Альтернативные методы: выщелачивания золото: выщелачивание растворами тиомочевины и тиосульфата натрия. Обезвреживание сбросных цианидных растворов.</p>	2	ЛВ
14	<p><b>Платиновые металлы Химические свойства, состояние платиновых металлов в водных растворах.</b>            Электронное строение платиновых металлов, их физические и химические свойства. Способы перевода различных платиновых металлов в раствор. Основные степени окисления и формы нахождения платиновых металлов в хлоридных растворах.</p>	2	ЛВ
15	<p><b>Основные сырьевые источники. Поведение платиновых металлов при переработке медно-никелевых руд. Способы концентрирование платиновых металлов. Способы выделение концентрата платиновых металлов из анодных шламов.. Извлечение платиновых металлов из вторичного сырья.</b>            Формы нахождения платиновых металлов в природе. Россыпные и коренные месторождения. Обогащение. Медно-никелевые руды как сырьевой источник платиновых металлов. Поведение платиновых металлов при переработке медно-никелевых руд.</p>	2	ЛВ
16	<p><b>Аффинаж платиновых металлов. Классическая технология аффинажа. Экстракционная технология.</b>            Состав концентратов шлиховой платины и концентратов, получаемых при переработке анодных шламов. Перевод платиновых металлов в раствор. Царско-водочное выщелачивание, гидрохлорирование. Особенности перевода в раствор родия, иридия, осмия и рутения. Выделение платины в виде гексахлорплатината аммония. Осаждение палладия в виде хлорпалладозамина. Особенности выделения осмия виде летучего тетраоксида. Нитритный способ аффинажа родия и иридия. Аффинаж рутения. Восстановление химических соединений платиновых металлов до металлов.</p>	2	ЛВ
17	<p><b>Лантаноиды. История открытия лантаноидов. Электронное строение. Важнейшие изотопы. Лантаноидное сжатие.</b>            Основные закономерности комплексообразования лантаноидов. Нейтронные яды. Лантаноиды в продуктах деления урана. Применение некоторых изотопов лантаноидов в ядерной технологии.</p>	3	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
18	<p><b>Физические и химические свойства лантаноидов, скандия и иттрия.</b> Магнитные свойства лантаноидов, иттрия и скандия. Свойства металлов, окислов, сульфатов, нитратов, хлоридов. Комплексные соединения. Двойные соли. Комплексные соединения лантаноидов с оксикарбоновыми кислотами и комплексонами.</p>	2	ЛВ
19	<p><b>Сырьевые источники лантаноидов и , скандия. Важнейшие минералы. Получение концентратов обогащением сырья.</b> Химический и минералогический состав руд (апатит, лопарит, монацит, ксенотим, бастнезит). Флотационные, магнитные и электростатические методы обогащения.</p>	2	ЛВ
20	<p><b>Окислительно-восстановительные методы разделения лантаноидов.</b> Физико-химические основы окислительно-восстановительных способов выделения церия, самария, европия и иттербия. Схемы отделения церия. Выделение и разделение самария и европия.</p>	3	ЛВ
21	<p><b>Переработка апатита. Принципиальные технологические схемы.</b> Промышленная схема, предусматривающая попутное извлечение РЗЭ, стронция и утилизацию фтора, основанная на разложении апатита азотной кислотой. Разложении апатитового концентрата смесью серной и оборотной фосфорной кислот. Реакции разложения в обоих способах.</p>	2	ЛВ
22	<p><b>Переработка лопарита. Принципиальные технологические схемы.</b> Обогащение лопаритовых руд. Сернокислотный, азотнокислый и хлорный способ переработки лопаритового концентрата.</p>	2	ЛВ
23	<p><b>Применение экстракции для получения индивидуальных лантаноидов.</b> Экстракционное извлечение лантаноидов иттрия и скандия при комплексной переработке различных видов сырья.</p>	2	ЛВ
24	<p><b>Применение ионного обмена для получения индивидуальных лантаноидов и скандия.</b></p>	2	ЛВ
	ИТОГО	50	

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<b>Химические свойства молибдена и вольфрама. Состояние молибдена и вольфрама в водных растворах.</b> Смешанные изополисоединения, гетерополиасоединения, тиокомплексы вольфрама и молибдена. Наиболее важные химические соединения	4	-
3	<b>Сырьевые источники. Обогащение рудного сырья. Технология переработки молибденовых концентратов. Окислительный обжиг. Способы переработки обожженного огарка. Гидрометаллургические методы переработки концентратов. Переработка вторичного сырья. Получение чистого оксида молибдена(VI).</b> Гидрометаллургические методы переработки молибденитовых концентратов: разложение растворами азотной кислоты, гипохлорита натрия, автоклавные методы. Переработка вторичного сырья (отходов сплавов, отработанных катализаторов нефтехимии)	4	Д
4	<b>Технология переработки шеелитовых и вольфрамитовых концентратов. Кислотный и щелочные методы. Спекание с содой. Процессы автоклавного выщелачивания.</b> Новые методы переработки шеелитовых концентратов (автоклавное выщелачивание щелочными растворами фосфата натрия и растворами гидроксида натрия).	2	-
5	<b>Переработка растворов вольфрамата натрия на паравольфрамат аммония. Получение оксида вольфрама(VI). Переработка вторичного сырья.</b> Экстракционные и сорбционные технологии конверсии вольфрама из формы вольфрамата натрия в форму вольфрамата аммония. Применение слабоосновных и сильноосновных экстрагентов и ионообменных смол.	4	ЗК
6	<b>Получение металлических молибдена и вольфрама. Восстановление водородом. Металлотермические методы. Получение компактных молибдена и вольфрама. Основы порошковой металлургии. Плавка молибдена и вольфрама.</b> Получение компактных молибдена и вольфрама. Метод порошковой металлургии. Дуговая, электроннолучевая и плазменная плавка.	2	-

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8	<p><b>Сырьевые источники. Поведение рения при переработке различных видов сырья. Технология рения. Сорбционные и экстракционные методы. Получение металлического рения. Переработка вторичного сырья.</b></p> <p>Особенности процессов извлечения рения из растворов, получаемых в результате переработки различных видов сырья на основные компоненты (растворы мокрого пылеулавливания молибденового производств, растворы, образующиеся при гидрометаллургической переработке молибденитовых концентратов, растворы газоочистки медного производства, урансодержащие растворы). Переработка дезактивированных катализаторов риформинга нефти и отходов суперсплавов.</p>	2	ЗК
10	<p><b>Основные сырьевые источники золота. Способы обогащения рудного сырья. Понятие упорности золотосодержащих руд. Гидрометаллургические методы подготовки рудных концентратов к выщелачиванию золота.</b></p> <p>Понятие упорности руд. Упорные и дваждыупорные золотосодержащие руды. Способы подготовки упорных руд: пирометаллургические и гидрометаллургические методы, автоклавное окисление сульфидных минералов.</p>	2	ЗК
12	<p><b>Процессы извлечения золота из растворов и пульп. Цементация. Сорбционные процессы. Применение ионообменных смол и активных углей. Выделение золота из десорбатов.</b></p> <p>Особенности осуществления десорбции золота из активных углей и анионообменных смол. Регенерация активных углей и анионообменных смол. Выделение золота из десорбатов. Достоинства и недостатки активных углей и анионообменных смол как сорбентов для извлечения золота.</p>	4	Д
13	<p><b>Аффинаж золота. Нецианистые методы выщелачивания золота. Переработка сбросных растворов.</b></p> <p>Альтернативные методы: выщелачивания золото: выщелачивание растворами тиомочевины и тиосульфата натрия. Обезвреживание сбросных цианидных растворов.</p>	2	-
14	<p><b>Платиновые металлы Химические свойства, состояние платиновых металлов в водных растворах.</b></p> <p>Аммиачные, нитритные, сульфатные и тиомочевинные комплексы. Комплексы с хлоридом олова(II)/ Особенности поведения осмия и рутения в высших степенях окисления</p>	2	-

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
15	<b>Основные сырьевые источники. Поведение платиновых металлов при переработке медно-никелевых руд. Способы концентрирование платиновых металлов. Способы выделение концентрата платиновых металлов из анодных шламов. Извлечение платиновых металлов из вторичного сырья.</b> Способы концентрирования платиновых металлов из анодных шламов. Вторичные сырьевые источники платиновых металлов. Способы извлечения платиновых металлов из отработанных катализаторов	2	ЗК
17.	<b>Аффинаж платиновых металлов. Классическая технология аффинажа. Экстракционная технология.</b> Экстракционные процессы аффинажа. Экстрагенты, используемые в аффинаже платиновых металлов. Типовая технологическая схема экстракционного аффинажа платиновых металлов.	2	-
	<b>ИТОГО</b>	32	

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, акад. часы	
		Всего	В том числе на практ. подгот.
3	Сорбционное извлечение молибдена из модельных растворов на анионитах различной основности, комплексообразующих ионитах и катионитах, сорбция, десорбция в динамических условиях.	32	8
5	Различные способы конверсии вольфрамата натрия в вольфрамат аммония	32	8
8	Извлечение рения из модельных растворов различного состава.	26	8
20	Осаждение церия из концентрата РЗЭ предприятия СМЗ	18	6
23	Изотерма экстракции индивидуальных РЗЭ (Pr, Nd, Sm) экстрагентом на основе ТБФ	18	6
23	Изотерма экстракции индивидуальных РЗЭ (Pr, Nd, Sm) экстрагентом на основе P507	20	7
	Итого	146	43

Контроль освоения компетенций проводится по результатам собеседования по выполненным лабораторным работам.



#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	История развития металлургии молибдена и вольфрама. Области применения	2	Устный опрос
2	Изо- и гетерополисоединения. Строение, условия образования	10	Устный опрос
3	Аппаратурное оформление процесса обжига, температурный режим. Поведение примесей при выщелачивании молибдена из огарка. Автоклавное азотнокислотное выщелачивание	15	Устный опрос
4	Автоклавно-содовое выщелачивание, режимы, аппаратурное оформление.	15	Устный опрос
5	Классическая технология переработки растворов вольфрамата натрия. Ионообменные смолы, применяемые в технологии вольфрама. Очистка растворов вольфраматов от молибдена..	15	Устный опрос
6	Практика восстановления оксидов молибдена и вольфрама водородом. Температурные режимы. Порошковая металлургия. Основные стадии и режимы их проведения	6	Устный опрос
7	Применения рения в современной науке и технике. Малорастворимые соединения рения.	4	Устный опрос
8	Экстрагенты и сорбенты, используемые в технологии извлечения рения. Способы конверсии перрената калия в перренат аммония	10	Устный опрос
9	Области применения золота и платиновых металлов,	6	Устный опрос
10	Гравитационные методы обогащения. Аппаратурное оформление.	10	Устный опрос
11	Цианирование как основной способ выщелачивания золота. Химические реакции, описывающие процесс растворения золота и сопутствующих компонентов. Варианты аппаратурного оформления процесса	20	Устный опрос
12	Побочные реакции, протекающие при цементации золота. Сорбции золота из пульп и сорбционное выщелачивание. Аппаратурное оформление.	10	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
13	Химические методы аффинажа золота. Обезвреживание сбросных цианидных растворов.	10	Устный опрос
14	Платиновые металлы Химические свойства, состояние Основные степени окисления . платиновых металлов Состояние в хлоридных растворах. Важные для практики химические соединения.	12	Устный опрос
15	Способы выделение концентрата платиновых металлов из анодных шламов.	10	Устный опрос
16	Способы перевода в раствор платины, палладия, роди, иридия и рутения Аффинаж осмия и рутения Закономерности экстракции платиновых металлов трибутилфосфатом и аминами.	20	Устный опрос
17	Лантаноидное сжатие. Нейтронные яды. Лантаноиды в продуктах деления урана.	4	Устный опрос
18	Закономерности комплексообразования, экстракции и ионного обмена лантаноидов и скандия.	4	Устный опрос
19	Способы переработки монацита, ксенотима и бастнезита.	4	Устный опрос
20	Схемы отделения церия от суммарного концентрата РЗЭ. Восстановители в технологии выделения самария и европия из суммарного концентрата РЗЭ.	2	Устный опрос
21	Комплексные промышленные схемы, предусматривающая попутное извлечение РЗЭ, стронция и утилизацию фтора.	5	Устный опрос
22	Обогащение лопаритовых руд. Сернокислотный, азотнокислый переработки лопаритового концентрата.	10	Устный опрос
23	Общие понятия и терминология. Коэффициент распределения, массовый коэффициент распределения, фактор разделения. Типичные схемы экстракционных каскадов.	20	Устный опрос
24	Общие понятия и терминология. Ионообменное извлечение лантаноидов из экстракционной фосфорной кислоты.	9	Устный опрос
	Итого	233	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru> .

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена, 2-х зачетов и защиты курсовой работы.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

И экзамен, и зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями).

Сдача зачета проводится в форме собеседования по результатам выполнения лабораторных работ, оформленных в виде отчетов по каждой работе.

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

### **Вариант № 1**

1. Выщелачивания золота из рудного сырья. Теория и практика процесса цианирования. Химизм процесса.
2. Сорбционные методы извлечения рения из растворов.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

## **7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) печатные учебные издания**

1. Поляков, Е.Г. Металлургия редкоземельных металлов // Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов. Москва: Metallurgizdat, 2018. - 732 с. - ISBN 978-5-902194-97-2.
2. Жидкостная экстракция редкоземельных элементов: учебное пособие/ А.А. Копырин, М.А. Афонин, А.А. Фомичев, М. С. Бахарев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных элементов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2007. – 86 с.

## **б) электронные учебные издания**

1. Блохин, А.А. Технология молибдена и вольфрама: текст лекций /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 93 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021)- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Блохин, А.А. Гидрометаллургия вольфрама: учебное пособие /А. А. Блохин, Ю. В. Мурашкин, А. А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. - 91 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021)- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Химия и технология скандия: учебное пособие /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, В.А. Кескинов, М.А. Афонин, А.В. Нечаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 52 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. -URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021) - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
4. Российское редкоземельное сырьё и основные способы его переработки: учебное пособие /В.А. Кескинов, А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.В. Нечаев, М.А. Афонин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 68 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

<http://media.technolog.edu.ru> Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<https://technolog.bibliotech.ru/> «Электронный читальный зал – БиблиоТех»  
<http://e.lanbook.com> – сайт Электронно-библиотечной системы "Лань"

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463).

При изучении дисциплины предусматривается использование активных форм проведения занятий: с разбором конкретных ситуаций, сложившихся в зонах воздействия опасных и вредных факторов, и возможных принципов, и методов защиты.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, необходимо осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
видеоматериалы и учебные фильмы;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (Microsoft Office).

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных и практических занятий используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных и практических занятий используются видеоматериалы и учебные фильмы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены лабораторным оборудованием: фотокolorиметры, весы технические и аналитические, рН-метры, бюретки для титрование, сорбционные колонки. воронки для экстракции,, пипетки, лабораторная посуда.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств**  
**для проведения промежуточной аттестации по дисциплине**  
**«Химия и технология редких, редкоземельных и благородных металлов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования**

<b>Индекс</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-6</b>	Способен к осуществлению и корректировке технологических процессов производства редких и редкоземельных металлов и реализации мер по обеспечению их безопасности	промежуточный

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-6.3</b> Осуществление технологических процессов извлечения редких, редкоземельных и благородных металлов из природного и вторичного техногенного сырья	Знает: химические свойства редких, редкоземельных и благородных металлов, сырьевые источники, основные технологические процессы их производства.	Правильные ответы на вопросы № 1-49 к экзамену.  Защита КР	Ориентируется в химических свойствах редких, редкоземельных и благородных металлов, сырьевых источниках и основных технологических процессах их производства, но слабо и с ошибками.	Ориентируется в химических свойствах редких, редкоземельных и благородных металлов, сырьевых источниках и основных технологических процессах их производства, но не всегда уверенно отвечает на вопросы.	Уверенно ориентируется в химических свойствах редких, редкоземельных и благородных металлов, сырьевых источниках и основных технологических процессах их производства
	Умеет: выбирать технологический процесс производства того или иного компонента в зависимости от вида перерабатываемого сырья с учетом требований безопасности	Правильные ответы на вопросы № 14-22, 24-26, 29-40, 43-50 к экзамену  Защита КР	Имеет представление о типовых технологических процессах производства того или иного компонента в зависимости от вида перерабатываемого сырья с учетом требований безопасности, но вызывает затруднения использование этой информацию для	Владеет информацией о типовых технологических процессах производства того или иного компонента в зависимости от вида перерабатываемого сырья с учетом требований безопасности, но не уверенно использует имеющуюся информацию для	Владеет информацией о технологических процессах производства того или иного компонента в зависимости от вида перерабатываемого сырья с учетом требований безопасности и демонстрируют способность использовать имеющуюся



Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			решения конкретной задачи.	решения конкретной задачи.	информацию для решения конкретной задачи.
	Владеет: информацией о технологических процессах производства редких, редкоземельных и благородных металлов	Правильные ответы на вопрос № 12-22,24-26, 30-40, 44-50 к экзамену  Защита КР	В целом владеет информацией об основных технологических процессах производства редких, редкоземельных и благородных металлов, но затрудняется, исходя из состава сырья, выбрать принципиальную технологическую схему его переработки	Владеет информацией об основных технологических процессах производства редких, редкоземельных и благородных металлов, но неуверенно выбирает принципиальную технологическую схему переработки того или иного сырья.	Владеет информацией об основных технологических процессах производства редких, редкоземельных и благородных металлов, способен выбрать принципиальную технологическую схему переработки того или иного сырья.
<b>ПК-6.4</b> Разработка мероприятий по корректировке отдельных стадий технологических процессов производства редких,	Знает основные тенденции развития технологии редких, редкоземельных и благородных металлов.	Правильные ответы на вопросы № 20-22, 24-26, 30-33, 35-40, 44-50 к экзамену  Защита КР	Имеет общее представление об основных тенденциях развития технологии редких, редкоземельных и благородных металлов, но неполное.	Ориентируется в основных тенденциях развития технологии редких, редкоземельных и благородных металлов, но не вполне уверенно.	Уверенно ориентируется в основных тенденциях развития технологии редких, редкоземельных и благородных металлов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
редкоземельных и благородных металлов	Умеет: выявлять стадию технологического процесса, нуждающуюся в корректировке и разработать предложения по ее совершенствованию	Правильные ответы на вопросы № 14-18, 20-22, 24-26, 30, 31,33, 35-39, 44, 45, 47, 50 к экзамену Защита КР	Способен выявлять стадию технологического процесса, нуждающуюся в корректировке, но допускает ошибочные решения при выборе пути ее совершенствования	Способен выявлять стадию технологического процесса, нуждающуюся в корректировке, но не всегда правильно выбирает способ ее совершенствования	Умеет выявлять стадию технологического процесса, нуждающуюся в корректировке, правильно выбирает ее способ совершенствования
	Владеет: знаниями особенностей технологии различных редких, редкоземельных и благородных металлов и способностью к анализу технологических процессов.	Правильные ответы на вопросы № 12-22, 24-26, 30,31, 33-39, 44-50 к экзамену Защита КР	Владеет информацией об особенностях технологии различных редких, редкоземельных и благородных металлов, но допускает ошибки при анализе технологических процессов.	Имеет знания особенностей технологии различных редких, редкоземельных и благородных металлов, но не всегда правильно анализирует технологические процессы.	Обладает знаниями особенностей технологии различных редких, редкоземельных и благородных металлов и способностью к адекватному анализу технологических процессов.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме экзамен, двух зачетов и курсовой работы.  
Результат оценивания экзамена и курсовой работы – балльный.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6.3:**

1. Химические свойства молибдена и вольфрама. Состояние молибдена и вольфрама в водных растворах. Важнейшие химические соединения молибдена и вольфрама.
2. Получение металлических молибдена и вольфрама. Восстановление водородом.
3. Металлотермические методы.
4. Получение компактных молибдена и вольфрама. Основы порошковой металлургии. Плавка молибдена и вольфрама
5. Химические свойства рения. Состояние рения в водных растворах.
6. Понятие благородные металлы, их место в Периодической таблице Д.И. Менделеева. История открытия, происхождение названия отдельных благородных металлов. Благородные металлы как одна из групп редких элементов.
7. Электронное строение золота, его физические и химические свойства. Способы растворения золота.
8. Цианидные, хлоридные, тиомочевинные и тиосульфатные комплексы золота.
9. Электронное строение платиновых металлов, их физические и химические свойства. Способы перевода различных платиновых металлов в раствор. Основные степени окисления и формы нахождения платиновых металлов в растворах.
10. Хлоридные, аммиачные, нитритные и тиомочевинные комплексы. Особенности поведения осмия и рутения в высших степенях окисления.

#### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенций ПК-6.3 и ПК-6.4:**

11. Сырьевые источники молибдена и вольфрама. Обогащение рудного сырья.
12. Технология переработки молибденовых концентратов. Окислительный обжиг.
13. Способы переработки обожженного огарка.
14. Гидрометаллургические методы переработки концентратов. Азотнокислотное разложение.
15. Экстракционные способы извлечения молибдена из растворов.
16. Сорбционные способы извлечения молибдена из растворов.
17. Переработка вторичного молибденового сырья
18. Технология переработки шеелитовых и вольфрамитовых концентратов. Кислотный и щелочные методы. Спекание с содой. Процессы автоклавного выщелачивания.
19. Классическая технология переработки растворов вольфрамата натрия на паравольфрамат аммония. Получение оксида вольфрама(VI).
20. Экстракционные технологии переработки растворов вольфрамата натрия на паравольфрамат аммония.
21. Сорбционные технологии переработки растворов вольфрамата натрия на паравольфрамат аммония.
22. Переработка вторичного вольфрамового сырья.
23. Рений как представитель редких рассеянных элементов. Сырьевые источники. Поведение рения при переработке различных видов сырья.
24. Экстракционные методы извлечения рения из растворов.
25. Сорбционные методы извлечения рения из растворов.

26. Вторичное ренийсодержащее сырье. Методы переработки.
27. Получение металлического рения.
28. Цианидные, хлоридные, тиомочевинные и тиосульфатные комплексы золота.
29. Коренные и посыпные месторождения золота. Рудоподготовка. Дробление и измельчение. Обогащение. Сортировка и первичное обогащение. Гравитационные методы. Электромагнитные методы. Флотационные методы. Ручная рудоразборка и гравитационное обогащение рудного сырья.
30. Способы подготовки упорных золотосодержащих руд: пирометаллургические и гидрометаллургические методы.
31. Выщелачивания золота из рудного сырья. Теория и практика процесса цианирования. Химизм процесса.
32. Способы осуществления цианидного выщелачивания: агитационный способ, перколяция, кучное выщелачивание. Поведение сопутствующих компонентов при взаимодействии с растворами цианида натрия.
33. Альтернативные способы выщелачивания золота (тиомочевинный, тиосульфатный). Обезвреживание сбросных цианидных растворов.
34. Выделение золота из осветленных растворов цементацией цинком. Достоинства и недостатки метода.
35. Применение активных углей для извлечения золота из цианидных растворов и пульп. Химизм процессов сорбции золота активными углями. Десорбция золота из активных углей.
36. Применение анионообменных смол для извлечения золота из цианидных растворов и пульп. Химизм процессов сорбции золота анионообменными смолами. Десорбция золота из анионообменных смол.
37. Регенерация активных углей и ионообменных смол.
38. Способы осуществления сорбции золота: сорбция из осветленных растворов, сорбция из пульп, сорбционное выщелачивание.
39. Достоинства и недостатки активных углей и анионообменных смол как сорбентов для извлечения золота. Выделение золота из десорбатов.
40. Аффинаж золота. Химические и электрохимические методы..
41. Электронное строение платиновых металлов, их физические и химические свойства. Способы перевода различных платиновых металлов в раствор. Основные степени окисления и формы нахождения платиновых металлов в растворах.
42. Хлоридные, аммиачные, нитритные и тиомочевинные комплексы. Особенности поведения осмия и рутения в высших степенях окисления.
43. Формы нахождения платиновых металлов в природе. Россыпные и коренные месторождения. Медно-никелевые руды как сырьевой источник платиновых металлов..
44. Поведение платиновых металлов при переработке медно-никелевых руд. Способы концентрирования платиновых металлов из анодных шламов..
45. Вторичные сырьевые источники платиновых металлов. Способы извлечения платиновых металлов из отработанных катализаторов.
46. Аффинаж платиновых металлов. Перевод платиновых металлов в раствор. Царско-водочное выщелачивание, гидрохлорирование. Особенности перевода в раствор родия, иридия, осмия и рутения.
47. Подготовка растворов. Выделение платины в виде гексахлорплатината аммония. Осаждение палладия в виде хлорпалладозамина.
48. Особенности выделения осмия с использованием летучего тетраоксида. Нитритный способ аффинажа родия и иридия.
49. Аффинаж осмия и рутения. Восстановление химических соединений платиновых металлов до металлов.

50. Экстрагенты, используемые в аффинаже платиновых металлов. Типовая технологическая схема экстракционного аффинажа платиновых металлов.

К сдаче экзамена и зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Сдача зачета проводится в форме собеседования по результатам выполнения лабораторных работ, оформленных в виде отчетов по каждой работе

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **4. Темы курсовых работ (примеры)**

1. Сорбционное извлечение ванадия на анионитах различной основности.
2. Сорбционное извлечение урана из карбонатных растворов.
3. Экстракционная конверсия вольфрамата натрия в вольфрамат аммония с помощью растворов солей ЧАО
4. Экстракционная конверсия натрия в вольфрамат аммония с помощью третичных и вторичных аминов.
5. Извлечение рения из сульфатных растворов на анионитах с различной морфологии матрицы.
6. Кинетика сорбции рения на анионитах с различной морфологии матрицы.
7. Сорбционное извлечение рения из растворов от выщелачивания пылей медно-никелевого производства.
8. Сравнительные данные по сорбции молибдена из растворов минеральных кислот на фосфонокислотных катионитах и анионитах
9. Экстракционное извлечение молибдена из травильных растворов электролампового производства.
10. Извлечение родия из хлоридных растворов на анионитах и комплексообразующих ионитах.
11. Нахождение условий десорбции железа из фосфорнокислотных катионитов.
12. Экстракционное извлечение палладия из многокомпонентных хлоридных растворов
13. Извлечение молибдена в процессе осаждения вольфрамовой кислоты сорбцией из пульпы.
14. Экстракционное извлечение лантана из бедных растворов.
15. Экстракция скандия из растворов минеральных кислот ..
16. Сорбционное извлечение скандия из карбонатно-бикарбонатных растворов.
17. Опробование новых ионитов для сорбционного извлечения рения.
18. Опробование новых ионитов для сорбционного извлечения скандия.
19. Экстракционная очистка растворов РЗЭ от примесей .
20. Выщелачивание ценных компонентов из отработанных катализаторов нефтехимии.



## **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена или зачёта в форме собеседования по результатам выполнения лабораторных работ, оформленных в виде отчетов по каждой работе.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), на зачёте – «зачёт», «незачет». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.