

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 15.11.2023 13:37:37
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
ТЕХНОЛОГИЯ УРАНА И ТОРИЯ
(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.07.02.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент В.А. Кескинов

Рабочая программа дисциплины «Технология урана и тория» обсуждена на заседании кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе
протокол от «10» марта 2021 г. № 5
Заведующий кафедрой

А.А. Блохин

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	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	06
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	0
4.2. Занятия лекционного типа	09
4.3. Занятия семинарского типа	15
4.4. Самостоятельная работа	18
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	20
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	21
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	22
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	23
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	23
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	23
10.2. Программное обеспечение	23
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	23
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	23
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	24
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации... ..	25
Приложение 2. Тесты для проведения текущего контроля..... ..	34
Приложение 3. Примеры индивидуальных расчетных заданий по разделам дисциплины	36

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:

<i>Код и наименование компетенции</i>	Код и наименование индикатора достижения компетенции ¹	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ²
ПК-6 Способен к осуществлению и корректировке технологических процессов производства редких и редкоземельных металлов и реализации мер по обеспечению их безопасности	ПК-6.1 Способен к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - химию урана и тория и их соединений, используемых в технологии;- устройство, режим работы основного оборудования; принципы построения технологических схем, оптимальных по организации процесса и выбору технологического оборудования, пути совершенствования основных узлов передела; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – организовать технологический процесс, обеспечивая получение продуктов полностью отвечающих требованиям; подобрать оптимальные условия проведения этих процессов <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретическими основами гидрометаллургических процессов, включая процессы выщелачивания, фильтрации, ионного обмена, жидкостной экстракции и других методов выделения урана и тория из осветленных растворов и пульп, тонкой химической очистки и т.п.

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

² 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

² Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

<i>Код и наименование компетенции</i>	Код и наименование индикатора достижения компетенции ¹	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ²
ПК-6 Способен к осуществлению и корректировке технологических процессов производства редких и редкоземельных металлов и реализации мер по обеспечению их безопасности	ПК-6.2 Способен к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля и безопасности технологического процесса	Знать: - устройство, режим работы основного оборудования; способы производства различных видов керамического ядерного топлива; технологические нормативы расходования сырья, материалов и энергетические затраты Уметь: - проводить расчеты норм расходования сырья, материалов и энергетических затрат, обрабатывать и анализировать полученные результаты с применением современных инструментальных методов и вычислительной техники для оптимизации технологических процессов Владеть: -теоретическими основами гидрометаллургических процессов, включая процессы выщелачивания, фильтрации, ионного обмена, жидкостной экстракции и других методов выделения урана и тория из осветленных растворов и пульп, тонкой химической очистки и т.п

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология урана и тория» (Б1.В.07.02.) относится к дисциплинам специализации и изучается на 5 курсе в 9-ом и 10-м семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия». «Введение в специальность», «Математика», «Безопасность жизнедеятельности», «Общая и неорганическая химия», «Электротехника», «Материаловедение», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», а также опирается на специальные дисциплины: «Основы ядерной физики и дозиметрии», «Радиохимия» и другие.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Технология урана и тория» знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении курсового проекта, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы (государственной итоговой аттестации) и при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических, организационно-управленческих задач в будущей профессиональной деятельности.

3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов	Семестры	
		9-ой	10-ой
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	9/324	4/144	5/180
Контактная работа с преподавателем:	144	54	90
занятия лекционного типа	36	36	-
занятия семинарского типа, в т.ч.	18	18	-
семинары, практические занятия	18	18	-
лабораторные работы (в т.ч. практическая подготовка)	90 (27)	-	90 (27)
курсовое проектирование (КР или КП)	-	-	-
КСР	-	-	-
другие виды контактной работы (КОНТРОЛЬ)	36	36	
Самостоятельная работа	144	54	90
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	ИРЗ	ИРЗ	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен (36), зачет	экзамен (36)	зачет

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 Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
Семестр 9						
1	Введение.	2				
2	Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	2				ПК-6; ПК-6.1; 6.2
3	Рудоподготовка и обогащение руд	4	4		8	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
4	Высокотемпературная обработка руд и концентратов	2				ПК-6; ПК-6.1; 6.2
5	Выщелачивание урановых руд и концентратов	6	4			ПК-6; ПК-6.1; 6.2
6	Химические методы выделения концентратов	2				ПК-6; ПК-6.1; 6.2
7	Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп	6	4		10	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
8	Экстракционные методы переработки урановых растворов	4	6		14	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
9	Аффинаж урана	2				ПК-6; ПК-6.1; 6.2
10	Получение оксидов и фторидов урана	2			9	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
11	Получение металлического урана				9	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
12	Производство керамического топлива	1				ПК-6; ПК-6.1; 6.2
13	Техника безопасности и охрана труда в производстве урана	1			4	ПК-6; ПК-6.1;

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	6.2 Формируемые компетенции Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
14	Технология тория	2				ПК-6; ПК-6.1; 6.2
ИТОГО: Экзамен (36)		36	18		54	
ВСЕГО: 144						
Семестр 10						
3	Рудоподготовка и обогащение руд			20	12	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
5	Выщелачивание урановых руд и концентратов			20	16	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
6	Химические методы выделения концентратов			20	16	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
7	Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп			20	16	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
9	Аффинаж урана			10	14	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
12	Производство керамического топлива				4	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
14	Технология тория				12	ПК-6; ПК-6.1; 6.2
ИТОГО: зачет				90	90	
ВСЕГО: 180						

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Введение.</u> Содержание и задачи курса. Значение и области применения радиоактивных элементов в науке и технике. Перспективы развития производства урана и тория и их роль в энергетике будущего. Работы Российских и зарубежных ученых в области химии и технологии радиоактивных элементов и их использование в промышленности.</p> <p>Основные этапы развития урановой промышленности. Общие вопросы технологии радиоактивных и редких элементов. Особенности технологии радиоактивных элементов и роль комплексной переработки сырья. Требования к чистоте ядерного топлива. Проблема обезвреживания радиоактивных отходов. Структура дисциплины, ее объем, форма отчетности студентов. Значение дисциплины для подготовки специалистов (инженеров - химиков – технологов). Роль и место оборудования в производстве редких элементов в системе производства материалов современной энергетики</p>	2	ЛВ
2	<p><u>Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности.</u> Распространенность урана в природе. Геохимические особенности урана. Образование первичных урановых минералов. Геохимия урана в зоне выветривания и образование вторичных урановых минералов. Основные урановые минералы: уранинит, настуран, давидит, браннерит, урановая чернь, карнотит, тьюмунит, торбернит, отенит, сланец, бурые угли и др. Их характеристика.</p> <p>Распространенность тория в природе. Основные минералы тория: монацит, торианит, торит, ловчоррит, лопарит и др. и их характеристика.</p> <p>Основные критерии для промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Методы опробования и подсчета запасов. Методы поисков урановых и ториевых руд. Месторождения и запасы ториевых и урановых руд.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><u>Рудоподготовка и обогащение руд.</u> Принципы классификации промышленных урановых руд (по характеру минерализации, твердости, типу рудовмещающих пород и др. признакам). Процессы дробления, измельчения, классификации, сгущения и фильтрации.</p> <p>Типовые схемы дробления, измельчения, классификации и сгущения руд радиоактивных элементов. Способы противоточной промывки пульп, полученных после выщелачивания. Флокулянты, их свойства и применение. Задачи обогащения. Характеристика методов обогащения. Продукты и показатели процесса обогащения. Потери. Ограничения и экономическая целесообразность применения обогащения. Избирательное измельчение. Электростатический и магнитный методы. Обогащение руд методом радиометрической сортировки. Обогащение в забое. Радиометрические контрольные станции РКС. Гравитационные методы обогащения. Флотационное обогащение. Основы флотации. Флотореагенты. Флотомашинны.</p>	4	ЛВ
4	<p><u>Высокотемпературная обработка руд и концентратов.</u> Задачи высокотемпературной обработки руд и концентратов. Окислительный обжиг. Влияние режима обжига на выщелачиваемость огарка. Возможные пути переработки углеродсодержащих урановых руд. Сульфатизация, хлорирование, спекание с добавками солей. Физико-химические основы процессов. Техника безопасности при переработке радиоактивного сырья.</p>	2	ЛВ
5	<p><u>Выщелачивание урановых руд и концентратов</u> Сущность и области применения гидрометаллургического способа переработки руд и концентратов. Выбор реагентов для гидрометаллургических процессов. Кинетика процессов выщелачивания и влияние на скорость и степень выщелачивания различных факторов: вещественного состава руды, тонины помола, продолжительности процесса, температуры, перемешивания, остаточной концентрации выщелачивающего реагента, Т:Ж.</p> <p>Выщелачивание просачиванием (перколяция). Устройство перколяторов. Загрузка и разгрузка. Периодические и методические способы выщелачивания. Кучное (капиллярное), бактериальное выщелачивание. Замес.</p>	6	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Выщелачивание перемешиванием (агитация). Использование реакторов с механическим, пневмомеханическим и пневматическим перемешиванием. Периодические и непрерывные процессы выщелачивания. Преимущества непрерывного процесса. Каскад выщелачивания. Выщелачивание руд и концентратов в автоклавах. Устройство автоклавов. Преимущества и недостатки автоклавного процесса выщелачивания.</p> <p>Основные источники уранового промышленного сырья. Выбор и обоснование способа выщелачивания. Сернокислотное выщелачивание руд и концентратов урана. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в растворах серной кислоты. Влияние окислителей на выщелачивание минералов урана. Технологические схемы сернокислотного вскрытия первичных и вторичных руд. Комплексная переработка фосфатных руд. Выщелачивание руд под давлением. Бескислотное выщелачивание сульфидных руд. Выщелачивание урана из концентратов, шлаков и фосфатных руд азотной кислотой.</p> <p>Вскрытие урановых руд растворами соды. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в содовых растворах. Комплексная переработка уран-ванадиевых руд. Особенности выщелачивания первичных урановых минералов содовыми растворами. Автоклавное вскрытие урановых руд.</p> <p>Подземное выщелачивание руд. Сущность геотехнологических процессов. Ограничения метода. Подземное выщелачивание скальных пород. Разрушение рудного массива и подготовка руды к подземному выщелачиванию. Физико-химические основы капиллярного выщелачивания. Аппаратурное оформление процесса. Техника безопасности при подземном выщелачивании скальных пород. Подземное выщелачивание руд осадочных месторождений в пластовых условиях. Кинетика выщелачивания. Роль микроорганизмов при выщелачивании сульфидных руд. Организация подземного выщелачивания. Экономическая целесообразность подземного выщелачивания.</p>		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p><u>Химические методы выделения концентратов.</u> Общие основы осаждения химических концентратов урана. Дробное осаждение гидроксидов и полиуранатов. Сравнительная характеристика осадителей. Известкование. Осаждение фосфатов и пирофосфатов. Поведение примесей при выделении концентратов. Выделение урана из содовых растворов: кислотное разложение карбонатных растворов, осаждение гидроксидом натрия, восстановление водородом в присутствии катализатора. Отделение макроколичеств ванадия и фосфора.</p>	2	ЛВ
7	<p><u>Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп.</u> Области применения ионообменных процессов в технологии радиоактивных элементов. Требования, предъявляемые к ионам. Преимущества ионообменного метода извлечения урана перед осадительным. Механизм сорбции ионов катионитами и анионитами. Десорбция. Основные показатели, характеризующие ионообменный процесс. Ионообменные равновесия. Изотермы сорбции. Выходные кривые и кривые элюирования. Влияние состава смол и состава внешнего раствора на избирательное поглощение ионов. "Отравление" смол. Химическая устойчивость смол. Сорбция в статических и динамических условиях. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов. Адсорбционная колонна, ее устройство. Функции колонны. Режим сорбции и элюирования. Типовая схема сорбции урана из осветленных сернокислых растворов ионообменным методом. Сорбционное выделение урана из карбонатных растворов. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса. Преимущества и недостатки ионообменной технологии. Ее возможности, экономическая оценка и перспективы развития</p>	6	ЛВ
8	<p><u>Экстракционные методы переработки урановых растворов.</u> Особенности экстракционных процессов при извлечении ценных компонентов из разбавленных растворов. Преимущества экстракционного метода перед сорбционным. Недостатки метода. Общие требования, предъявляемые к экстрагентам. Разбавители и их роль в экстракционных процессах.</p>	4	ЗК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Обоснование выбора экстрагента. Первичные, вторичные и третичные алкиламины и четвертичные аммониевые основания как экстрагенты в технологии урана. Механизм экстракции аминами. Факторы, влияющие на экстракцию: состав водной фазы, тип экстрагента и его концентрация, природа разбавителя, температура и т.д. Селективность. Кинетика экстракции. Реэкстракция. Технологическая схема выделения урана из осветленных сернокислых растворов экстракцией алкиламидами; возможные варианты: разделение урана и тория, урана и ванадия, урана и молибдена и т.п. Экстракция урана из пульпы.</p> <p>Алкилорто- и алкилпирофосфорные, алкилфос-фоновые и алкилфосфиновые кислоты. Механизм экстракции и реэкстракции. Полимеризация фосфорорганических кислот в органических разбавителях. Селективность экстрагентов по отношению к урану. Синергетный эффект. Характеристика экстрагентов.</p> <p>Экстракция нейтральными экстрагентами. Нейтральные фосфорорганические соединения, сульфоксиды, кетоны, спирты. Физико-химические свойства ТБФ. Экстракция уранилнитрата трибутилфосфатом. Факторы, влияющие на распределение уранилнитрата между водной и органической фазами. Технологическая схема очистки уранилнитрата экстракционным методом. Использование для очистки урана других нейтральных фосфорорганических и кислородсодержащих соединений. Обоснование выбора экстракционного оборудования.</p>		
9	<p><u>Аффинаж урана. Задачи тонкой очистки. Понятие о ядерной чистоте. Особенности аффинажных операций.</u> Экстракционные и химические методы очистки урановых соединений.</p> <p>Химические методы очистки соединений урана: осаждение оксалатов урана (VI и IV), пероксида урана, высаливание трикарбоураниламмония</p>	2	ЛВ
10	<p><u>Получение оксидов и фторидов урана.</u> Применение оксидов урана. Система уран - кислород. Получение оксидов термическим разложением гидроксида, пероксида, диураната аммония, оксалатов и нитратов уранила, трикарбонатураниламмония. Допустимые нормы на содержание примесей. Обоснование выбора аппаратов для получения оксидов.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Применение тетрафторида урана. Требования предъявляемые к тетрафториду урана. Сравнение "мокрых" и "сухих" методов получения тетрафторида урана. Сухие способы получения тетрафторида урана. Режим и аппаратурное оформление процесса гидрофторирования. Фторирование оксидов урана бифторидом аммония, фреонами.</p> <p>Применение гексафторида урана. Фторирование тетрафторида урана газообразным фтором, фторгалогенидами. Получение гексафторида урана в пламенных реакторах. Получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида. Методы получения тетрафторида и оксидов урана из обогащенного гексафторида урана.</p>		
12	<p><u>Производство керамического топлива.</u> Требования, предъявляемые к ядерному топливу, классификация ядерного топлива, керамическое ядерное топливо. Физико-химические основы получения керамических материалов. Основные способы производства порошков и гранул оксидов, карбидов, нитридов и других соединений урана, плутония, тория, применяемых для изготовления керамического топлива. Керметы. Особенности производства различных видов керамического топлива. Нанотехнологии в производстве керамического топлива. Конструкции твэлов и тепловыделяющих сборок.</p>	1	ЛВ
13	<p><u>Техника безопасности и охрана труда в производстве урана.</u> Техника безопасности и охрана труда в производстве урана, радиоактивные отходы заводов и очистка промышленных сточных вод. Характеристика источников вредности и травматизма в урановом производстве. Меры защиты персонала.</p>	1	ЛВ
14	<p><u>Технология тория.</u> Роль тория в атомной энергетике, перспективы. Способы переработки ториевых руд и концентратов.</p> <p>Сульфатизация монацитового концентрата. Режим сульфатизации. Выщелачивание тория из сульфатизированного продукта. Выделение тория из сернокислых растворов фосфатным и оксалатным методами, осаждение двойных сульфатов. Оборудование. Щелочные методы переработки монацита. Схема и режим процесса. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации. Карбонатно-бикарбонатный метод разделения.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата, иттропаризита, бастнезита. Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная. Методы экстракционной очистки. Экстракция нитрата тория ТБФ. Экстракция тория аминами. Получение металлического тория. Исходное сырье. Электролиз расплавленных солей. Обработка катодных штанг. Металлотермическое восстановление оксида и галогенидов тория. Обработка ториевого металлического порошка. Получение компактного металла. Материалы и оборудование для получения металлического тория.		
	ИТОГО	36	

4.3 Занятия семинарского типа

4.3.1 Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Оборудование, используемое для дробления, измельчения, классификации, сгущения и обезвоживания урановых руд	4	ЗК
5	Химизм процессов вскрытия урановых и сопутствующих ему урановых минералов в различных растворителях (соде, серной и азотной кислотах) с последующей обработкой карбонатными растворами и выделением первого химического концентрата	4	ЗК
7	Основные закономерности и понятия ионного обмена. Ионообменники органические и неорганические, природные и синтетические. Катиониты, аниониты и амфолиты. Понятие о матрице, функциональных группах, противоионах, коионах. Синтез и характеристика основных ионообменных смол.	4	ЗК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8	Экстракционные равновесия и закономерности экстракции. Изотермы. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана. Терминология экстракционных процессов. Показатели экстракции. Расчет необходимого числа ступеней противоточной экстракции (аналитический и графический).	4	ЗК
8	Устройство и принцип работы смесителей-отстойников периодического действия, внутренних смесителей - отстойников, смесителей - отстойников ящичного типа, насадочных, пульсационных, роторно-дисковых колонн, центробежных экстракторов	2	ЗК
ИТОГО		18	

4.3.2 Лабораторные занятия

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, академ. час	
			Трудо-емкость (час)	В том числе на прак. подгот., (час)
1	Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности, рудоподготовка и обогащение руд (№ 3)	Анализ урановой руды. Ситовой анализ. Определение плотности руды. Определение насыпной плотности руды. Определение минералогического состава руды. Определение содержания влаги в руде. Определение потерь при прокаливании. Объемный метод определения содержания урана в руде. Определение содержания урана в фильтрах.	20	7
2	Выщелачивание урановых руд и концентратов (№5)	Сернокислотное вскрытие урановой руды. Расчет необходимого количества серной кислоты и окислителя для вскрытия урановой руды. Вскрытие урановой руды, определение кислотности раствора, концентрации урана в первом фильтрате и влажности кека. Расчет необходимого числа репульпационных отмывок кека от урана.	20	7

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, академ. час	
			Трудо-емкость (час)	В том числе на прак. подгот., (час)
		Проведение репульпационных отмывок кека от урана согласно выполненным расчетам. Определение кислотности и объема фильтратов. Расчет извлечения урана по анализу кека и фильтратов.		
3	Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп (№ 7)	Ионообменное извлечение урана из сульфатного раствора. Подготовка сорбционной колонки к работе, кондиционирование раствора, проведение операций сорбции урана, промывки смолы и десорбции поглощенного урана и осаждение первого химического концентрата.	20	7
4	Аффинаж урана (№ 6,9)	Карбонатно-пероксидная очистка химического концентрата и получение технического оксида урана (IV, VI) Обработка первого химического концентрата раствором карбоната аммония, разрушение аммонийуранилкарбонатного комплекса, осаждение пероксида урана и прокаливание до оксида урана (IV, VI). Расчет выхода урана из руды в технический оксид урана (IV, VI).	30	6
	ИТОГО		90	27

4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	Оборудование для рудоподготовки: дробилки, грохоты, мельницы (шаровые, стержневые, воздушно-ударные), классификаторы (спиральные, чашевые, реечные), гидроциклоны, сгустители-отстойники, патронные сгустители, фильтры (барабанные, дисковые, карусельные, ленточные, фильтр-прессы, ФПАК-М и др.), пульсационная колонна для отмывки кеков с насадкой КРИМЗ	10	Устный опрос №1
3	Гравитационные методы обогащения. Отсадка. Отсадочные машины. Концентрационные столы. Конусные сепараторы. Обогащение в тяжелых суспензиях.	10	Устный опрос №2
5	Выщелачивание урановых руд и концентратов Сущность и области применения гидрометаллургического способа переработки руд и концентратов. Выбор реагентов для гидрометаллургических процессов. Кинетика процессов выщелачивания и влияние на скорость и степень выщелачивания различных	12	Устный опрос №3
6	<u>Химические методы выделения концентратов.</u> Общие основы осаждения химических концентратов урана. Дробное осаждение гидроксидов и полиуранатов. Сравнительная характеристика осадителей. Выделение урана из содовых растворов: кислотное разложение карбонатных растворов, осаждение гидроксидом натрия.	12	Устный опрос №4
7	Основные закономерности и понятия ионного обмена. Ионообменники органические и неорганические, природные и синтетические. Катиониты, аниониты и амфолиты. Понятие о матрице, функциональных группах, противоионах, коионах. Синтез и характеристика основных ионообменных смол.	26	Устный опрос №5
8	Экстракционные равновесия и закономерности экстракции. Изотермы. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана. Терминология экстракционных процессов. Показатели экстракции. Расчет необходимого числа ступеней противоточной экстракции (аналитический и графический).	8	Устный опрос №6
8	Характеристика промышленных марок алкиламинов. Характеристика промышленных марок экстрагентов: ДДФК, Д2ЭГФК, ОПФК, ДПФК и др.	8	Устный опрос №7

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
8	Устройство и принцип работы смесителей-отстойников периодического действия, внутренних смесителей - отстойников, смесителей - отстойников ящичного типа, насадочных, пульсационных, роторно-дисковых колонн, центробежных экстракторов.	4	Устный опрос №8
9	Аффинаж урана. Задачи тонкой очистки. Понятие о ядерной чистоте. Особенности аффинажных операций. Экстракционные и химические методы очистки урановых соединений. Химические методы очистки соединений урана: осаждение оксалатов урана (VI и IV), пероксида урана, высаливание трикарбоураниламмония	10	Устный опрос №9
10	Получение фторидов урана Получение тетрафторида урана из водных растворов. Электролитическое восстановление урана (VI). Осаждение, дегидратация и сушка гидратов тетрафторида урана.	4	Устный опрос №10
10	Фторирование тетрафторида урана газообразным фтором, фторгалогенидами. Получение гексафторида урана в пламенных реакторах. Получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида. Конденсация гексафторида урана и его отделение от фтора и фтористого водорода. Аппаратурное оформление процессов. Материалы для изготовления оборудования.	5	Устный опрос №11
10	Применение гексафторида урана. Фторирование тетрафторида урана газообразным фтором, фторгалогенидами. Получение гексафторида урана в пламенных реакторах. Получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида. Методы получения тетрафторида и оксидов урана из обогащенного гексафторида урана.	5	Устный опрос №12
11	Получение металлического урана Допустимые нормы на содержание примесей в металлическом уране. Термодинамические основы металлотермии урана. Сырье для получения металлического урана. Методы получения металлического урана: электрохимическое восстановление из расплавленных солей, металлотермическое восстановление оксидов и галогенидов. Режим процессов.	7	Устный опрос №13

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
11	Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла. Рафинирование чернового металла. Аппаратура для рафинирования. Техника безопасности при работе с обогащенным ураном. Изготовление ТВЭЛов. Переработка отходов металлургического производства.	7	Устный опрос №14
12	Производство керамического топлива. Требования, предъявляемые к ядерному топливу, классификация ядерного топлива, керамическое ядерное топливо. Физико-химические основы получения керамических материалов.	4	Устный опрос №15
13	Отходы гидро-металлургических заводов и их удаление. Хвостохранилище. Санитарные нормы выброса жидких, твердых и газообразных отходов. ПДК радиоактивных элементов в воздухе и воде.	6	Устный опрос №16
14	Щелочные методы переработки монацита. Схема и режим процесса. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации. Карбонатно-бикарбонатный метод разделения. Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата, иттропаризита, бастнезита. Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная.	6	Устный опрос №17
	ИТОГО	144	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов, по результатам лабораторных работ.

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 и зачета.

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

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

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

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 60 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Гравитационные методы обогащения. Конусные сепараторы. Обогащение в тяжелых суспензиях.
2. Экстракционные равновесия и закономерности экстракции. Изотермы. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана.
3. Допустимые нормы на содержание примесей в металлическом уране. Термодинамические основы металлотермии урана. Сырье для получения металлического урана.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 20 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Флотационное обогащение. Основы флотации. Флотореагенты. Флотомашинны
2. Терминология экстракционных процессов. Показатели экстракции. Общие требования, предъявляемые к экстрагентам. Разбавители и их роль в экстракционных процессах. Обоснование выбора экстрагента.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Мурашкин, Ю.В. Экстракционные процессы переработки отработавшего ядерного топлива: практикум/ Ю.В. Мурашкин, В.А. Кескинов, А.А. Блохин; 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), 2021. – 69 с.

2. Краткая энциклопедия урана / А. Акатов, Ю. Коряковский. - СПб. : Фонд развития модульного обучения "Петерфонд", 2013. -113 с.

3. Общая химическая технология: учебник для химико-технологических спец. вузов: В 2-х частях / Под ред. И. П. Мухленова. - 5-е изд., стер. - М. : Альянс, 2009. Ч. 1 : Теоретические основы химической технологии / И. П. Мухленов, А. Я. Авербух, Е. С. Тумаркина, И. Э. Фурмер. - 256 с. ISBN 978-5-903034-78-9

4. Пяртман, А. К. Определение изотерм экстракции нитрата уранила (VI) при использовании полимерных композиционных материалов с три-н.-бутилфосфатом: методические указания / А. К. Пяртман ; 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), 2012. - 22 с.

5. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и оборудования для выщелачивания руд и концентратов. Учебное пособие / Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин; 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. 51 с

6. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и основных параметров ионообменной установки по извлечению редких элементов из водных растворов. Аппаратурное оформление: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин; 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.

7. Копырин, А.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива. / А.А.Копырин, А.И. Карелин, В.А. Карелин; -Москва: Атомэнергоиздат., 2006. 576с. ISBN 5-98532-0004-9.

б) электронные издания:

1. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампыди, В.Г. Иванов, Э.В. Чиркунов. —Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 384 с. ISBN 978-5-8114-1479-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/book/45973> (дата обращения: 10.12.2020 г.) Режим доступа: по подписке.

2. Смирнов, Н.Н., Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов). / Н.Н. Смирнов, В.М. Барабаш, К.А. Карпов.— Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 84 с. ISBN 978-5-8114-2485-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/book/91283>. (дата обращения: 10.12.2020 г.) Режим доступа: по подписке.

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

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

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Технология керамического топлива» 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.

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

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;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2 Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Excel);

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, выполнения курсовых работ используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, на 25 посадочных мест.

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены лабораторным оборудованием: фотоколориметры, весы технические и аналитические, рН-метры, бюретки для титрование, сорбционные колонки. бюретки для титрование, 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 СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Технология урана и тория»**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-6	Способность 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)
ПК-6.1 Способен к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе использованием радиоактивных материалов	Знает химию урана и тория и их соединений, используемых в технологии; устройство, режим работы основного оборудования; принципы построения технологических схем, оптимальных по организации процесса и выбору технологического оборудования, пути совершенствования основных узлов передела;	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 1,2,21-24,27,28,40-44,46-48,61,63	Демонстрирует знание химии урана, тория и их соединений, но не может самостоятельно построить технологическую схему процесса и выбрать оборудование	Показывает глубокое понимание химии урана, тория и их соединений, способен с наводящими вопросами построить технологическую схему, но плохо представляет принципы выбора основного и вспомогательного оборудования	Способен самостоятельно построить технологическую схему процесса, знает принципы выбора основного и вспомогательного оборудования, свободно владеет химией урана, тория и их соединений
	Умеет организовать технологический процесс, обеспечивая получение продуктов полностью отвечающих требованиям; подобрать оптимальные условия проведения этих процессов	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 3-15,25,26,31-36,45,55-74	Способен самостоятельно предложить технологический процесс, знает требования к конечной продукции передела, но не способен подобрать оптимальные условия организации этих процессов и плохо ориентируется в их критериях	Способен самостоятельно предложить технологический процесс, знает требования к конечной продукции передела, но не способен подобрать оптимальные условия организации этих процессов и плохо ориентируется в их критериях	Способен самостоятельно предложить технологический процесс, знает требования к конечной продукции передела и способен подобрать оптимальные условия организации этих процессов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет теоретическими основами гидрометаллургических процессов, включая процессы выщелачивания, фильтрации, ионного обмена, жидкостной экстракции и других методов выделения урана и тория из осветленных растворов и пульп, тонкой химической очистки и т.п.	Правильные ответы на вопросы к экзамену №16-24,29-31,37-44,49-54	Показывает определенное знание теоретических основ гидрометаллургии, однако затрудняется с их практическим использованием для технологии урана и тория	Демонстрирует освоение теоретических основами гидрометаллургии, однако затрудняется с обоснованием и выбором оптимальных условий отдельных процессов, используемых в технологии урана и тория	Способен теоретически обосновать оптимальные способы проведения всех технологических процессов, используемых в технологии урана и тория
ПК-6.2 Способен к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование	Знает устройство, режим работы основного оборудования; способы производства различных видов керамического ядерного топлива; технологические нормативы расходования сырья, материалов и энергетические затраты	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 1,2,21-24,27,28,40-44,46-48,61,63	Разбирается в устройстве основного оборудования; плохо представляет режимы и расходные показатели по сырью, материалам и энергии.	Хорошо разбирается в устройстве и режиме работы основного оборудования; но слабо владеет численными показателями процессов	Хорошо разбирается в устройстве и режиме работы основного оборудования; ясно представляет расходные показатели по сырью, материалам и энергии.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
контроля и безопасности технологического процесса	<p>Умеет проводить расчеты норм расходования сырья, материалов и энергетических затрат, обрабатывать и анализировать полученные результаты с применением современных инструментальных методов и вычислительной техники для оптимизации технологических процессов</p> <p>Владеет теоретическими основами гидрометаллургических процессов, включая процессы выщелачивания, фильтрации, ионного обмена, жидкостной экстракции и других методов выделения урана и тория из осветленных растворов и пульп, тонкой химической очистки и т.п</p>	<p>Правильные ответы на вопросы к экзамену № 3-15,25,26,31-36,45,55-74</p> <p>Правильные ответы на вопросы к экзамену №16-24,29-31,37-44,49-54</p>	<p>Разбирается в технике проведения расчетов норм расходования сырья, материалов и энергетических затрат не в полном объеме, имеет проблемы в реализации своих знаний для практического использования</p> <p>Демонстрирует понимание теоретических основ гидрометаллургии, однако затрудняется с их практическим использованием для изучаемых в курсе процессов</p>	<p>Хорошо разбирается в технике проведения расчетов, имеет проблемы при обработке результатов для оптимизации технологических процессов</p> <p>Показывает знание теоретических основ гидрометаллургии, однако затрудняется с обоснованием и выбором оптимальных условий отдельных процессов</p>	<p>Хорошо разбирается в технике проведения расчетов норм расходования сырья, материалов и энергетических затрат, умеет обрабатывать результаты для оптимизации технологических процессов</p> <p>Способен теоретически обосновать оптимальные способы проведения всех технологических процессов, изучаемых в курсе</p>

3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6:

1. Распространенность урана в природе. Геохимические особенности урана. Образование первичных урановых минералов. Основные урановые минералы: уранинит, настуран и др. первичные урановые минералы Их характеристика.
2. Геохимия урана в зоне выветривания и образование вторичных урановых минералов. Основные урановые минералы: урановая чернь, карнотит, тюямунит, торбернит, отенит, сланец, бурые угли и др. Их характеристика.
3. Основные критерии для промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Методы опробования и подсчета запасов. Методы поисков урановых руд.
4. Принципы классификации промышленных урановых руд (по характеру минерализации, твердости, типу рудовмещающих пород и др. признакам).
5. Процессы дробления и измельчения. Типовые схемы дробления и измельчения. Оборудование: дробилки, грохоты, мельницы (шаровые, стержневые, воздушно-ударные)
6. Процессы классификации, сгущения и фильтрации. Оборудование: классификаторы (спиральные, чашевые, речные), гидроциклоны, сгустители-отстойники, патронные сгустители, фильтры (барабанные, дисковые, карусельные, ленточные, фильтр-прессы, ФПАК-М и др.), пульсационная колонна для отмывки кеков.
7. Типовые схемы классификации и сгущения руд. Способы противоточной промывки пульп, полученных после выщелачивания, аппаратура. Флокулянты, их свойства и применение.
8. Задачи обогащения. Характеристика методов обогащения. Продукты и показатели процесса обогащения. Ограничения и экономическая целесообразность применения обогащения.
9. Избирательное измельчение. Электростатический и магнитный методы. Магнитные сепараторы.
10. Обогащение руд методом радиометрической сортировки. Обогащение в забое. Радиометрические контрольные станции РКС.
11. Гравитационные методы обогащения. Отсадка. Отсадочные машины. Концентрационные столы.
12. Гравитационные методы обогащения. Конусные сепараторы. Обогащение в тяжелых суспензиях.
13. Флотационное обогащение. Основы флотации. Флотореагенты. Флотомашины.
14. Задачи высокотемпературной обработки руд и концентратов. Окислительный обжиг. Влияние режима обжига на выщелачиваемость огарка.
15. Сульфатизация, хлорирование, спекание с добавками солей. Физико-химические основы процессов.
16. Сущность гидрометаллургического способа переработки руд. Выбор реагентов для гидрометаллургических процессов. Выщелачивание просачиванием (перколяция). Устройство перколяторов. Загрузка и разгрузка.
17. Периодические и методические способы выщелачивания. Кучное (капиллярное), бактериальное выщелачивание. Замес.
18. Выщелачивание перемешиванием (агитация). Использование реакторов с механическим перемешиванием. Периодические и непрерывные процессы выщелачивания. Преимущества непрерывного процесса. Каскад выщелачивания.

19. Выщелачивание перемешиванием (агитация). Использование реакторов с пневматическим перемешиванием. Выщелачивание руд и концентратов в автоклавах. Устройство автоклавов. Преимущества и недостатки автоклавного процесса выщелачивания.
20. Кинетика процессов выщелачивания и влияние на скорость и степень выщелачивания различных факторов: вещественного состава руды, тонины помола, продолжительности процесса, температуры, интенсивности перемешивания, остаточной концентрации выщелачивающего реагента, Т:Ж.
21. Сернокислотное выщелачивание руд и концентратов урана. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в растворах серной кислоты. Влияние окислителей на выщелачивание минералов урана.
22. Технологические схемы сернокислотного вскрытия первичных. Выщелачивание руд под давлением. Бескислотное выщелачивание сульфидных руд.
23. Технологические схемы сернокислотного вскрытия вторичных руд. Комплексная переработка фосфатных руд.
24. Вскрытие урановых руд растворами соды. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в содовых растворах. Особенности выщелачивания первичных урановых минералов содовыми растворами. Автоклавное вскрытие урановых руд.
25. Подземное выщелачивание руд. Сущность геотехнологических процессов. Ограничения метода. Подземное выщелачивание скальных пород. Разрушение рудного массива и подготовка руды к подземному выщелачиванию. Физико-химические основы капиллярного выщелачивания. Аппаратурное оформление процесса.
26. Подземное выщелачивание руд осадочных месторождений в пластовых условиях. Кинетика выщелачивания. Организация подземного выщелачивания. Экономическая целесообразность подземного выщелачивания.
27. Общие основы осаждения химических концентратов урана. Дробное осаждение гидроксидов и полиуранатов. Сравнительная характеристика осадителей. Известкование. Осаждение фосфатов и пирофосфатов. Поведение примесей при выделении концентратов.
28. Выделение урана из содовых растворов: кислотное разложение карбонатных растворов, осаждение гидроксидом натрия, восстановление водородом в присутствии катализатора. Отделение макроколичеств ванадия и фосфора.
29. Области применения ионообменных процессов в технологии урана, основные закономерности. Требование, предъявляемые к ионитам, выбор оптимальных технологических параметров. Преимущества ионообменного метода извлечения урана перед осадительным.
30. Основные закономерности и понятия ионного обмена. Ионообменники органические и неорганические, природные и синтетические. Катиониты, аниониты и амфолиты. Синтез и характеристика основных ионообменных смол.
31. Механизм сорбции ионов катионитами и анионитами. Десорбция. Основные показатели, характеризующие ионообменный процесс. Емкость ионитов и методы ее определения. Ионообменные равновесия. Изотермы сорбции. Выходные кривые и кривые элюирования. Набухаемость ионитов. Сорбция в статических и динамических условиях.
32. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов с использованием катионитов. Основные закономерности. Поведение примесей.
33. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов с использованием анионитов. Основные закономерности. Поведение примесей. Сорбционное выделение урана из карбонатных растворов.

34. Адсорбционная колонна, ее устройство. Функции колонны. Режим сорбции и элюирования. Типовая схема сорбции урана из осветленных сернокислых растворов ионообменным методом.
35. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса: контейнерный метод, контакторы-разделители, организация непрерывного противоточного процесса.
36. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса: пачуки, колонны с движущимся и взвешенным слоем ионита, пульсационные колонны. Бесфильтрационное выделение урана из плотных пульп.
37. Особенности экстракционных процессов при извлечении ценных компонентов из разбавленных растворов. Преимущества экстракционного метода перед сорбционным. Недостатки метода.
38. Экстракционные равновесия и закономерности экстракции. Изотермы. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана.
39. Терминология экстракционных процессов. Показатели экстракции. Общие требования, предъявляемые к экстрагентам. Разбавители и их роль в экстракционных процессах. Обоснование выбора экстрагента.
40. Первичные, вторичные и третичные алкиламины и четвертичные аммониевые основания как экстрагенты в технологии урана. Механизм экстракции аминами. Факторы, влияющие на экстракцию: состав водной фазы, тип экстрагента и его концентрация, природа разбавителя, температура и т.д. Селективность. Кинетика экстракции. Резэкстракция.
41. Характеристика промышленных марок алкиламинов. Технологическая схема выделения урана из осветленных сернокислых растворов экстракцией алкиламинами. Возможные варианты схем: разделение урана и тория, урана и ванадия, урана и молибдена и т.п.
42. Алкилорто- и алкилпирофосфорные, алкилфосфоновые и алкил-фосфиновые кислоты. Механизм экстракции и резэкстракции. Полимеризация фосфорорганических кислот в органических разбавителях. Селективность экстрагентов по отношению к урану. Синергетный эффект. Характеристика экстрагентов: ДДФК, Д2ЭГФК, ОПФК, ДПФК и др. Экстракция из пульп.
43. Экстракция нейтральными экстрагентами. Нейтральные фосфорорганические соединения, сульфоксиды, кетоны, спирты. Физико-химические свойства ТБФ. Экстракция уранилнитрата трибутилфосфатом.
44. Факторы, влияющие на распределение уранилнитрата между водной и органической фазами. Технологическая схема очистки уранилнитрата экстракционным методом. Использование для очистки урана других нейтральных фосфорорганических и кислородсодержащих соединений.
45. Обоснование выбора экстракционного оборудования. Устройство и принцип работы смесителей-отстойников периодического действия, внутренних смесителей - отстойников, смесителей - отстойников ящичного типа, насадочных, пульсационных, роторно-дисковых колонн, центробежных экстракторов.
46. Задачи тонкой очистки. Понятие о ядерной чистоте. Особенности аффинажных операций. Экстракционные методы очистки урановых соединений.
47. Химические методы очистки соединений урана: осаждение пероксида урана.
48. Химические методы очистки соединений урана: осаждение оксалатов урана (VI и IV), высаливание трикарбо-натураниламмония.
49. Применение оксидов урана. Система уран - кислород. Получение оксидов термическим разложением гидроксида, пероксида, диураната аммония, оксалатов и нитратов уранила, трикарбонатураниламмония.

50. Применение тетрафторида урана. Требования предъявляемые к тетрафториду урана. Сравнение "мокрых" и "сухих" методов получения тетрафторида урана.
51. Получение тетрафторида урана из водных растворов. Электролитическое восстановление урана (VI). Осаждение, дегидратация и сушка гидратов тетрафторида урана.
52. Сухие способы получения тетрафторида урана. Режим и аппаратное оформление процесса гидрофторирования. Материалы для изготовления оборудования. Фторирование оксидов урана бифторидом аммония, фреонами.
53. Применение гексафторида урана. Фторирование тетрафторида урана газообразным фтором, фторгалогенидами. Получение гексафторида урана в пламенных реакторах. Получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида.
54. Конденсация гексафторида урана и его отделение от фтора и фтористого водорода. Аппаратное оформление процессов. Методы получения тетрафторида и оксидов урана из обогащенного гексафторида урана.
55. Допустимые нормы на содержание примесей в металлическом уране. Термодинамические основы металлургии урана. Сырье для получения металлического урана.
56. Методы получения металлического урана: металлургическое восстановление оксидов и галогенидов. Режим процессов. Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла.
57. Методы получения металлического урана: электрохимическое восстановление из расплавленных солей. Режим процессов. Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла. Рафинирование черного металла. Аппаратура для рафинирования.
58. Требования, предъявляемые к ядерному топливу, классификация ядерного топлива, керамическое ядерное топливо. Физико-химические основы получения керамических материалов.
59. Основные способы производства порошков и гранул оксидов, карбидов, нитридов и других соединений урана, плутония, тория, применяемых для изготовления керамического топлива. Керметы. Особенности производства различных видов керамического топлива.
60. Конструкции твэлов и тепловыделяющих сборок.
61. Основные минералы тория.
62. Роль тория в атомной энергетике. Физические свойства тория.
63. Химические свойства тория и его соединений.
64. Сульфатизация монацитового концентрата. Режим сульфатизации. Выщелачивание тория из сульфатизированного продукта.
65. Выделение тория из сернокислых растворов фосфатным и оксалатным методами, осаждение двойных сульфатов.
66. Щелочные методы переработки монацита. Схема и режим процесса.
67. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации. Карбонатно-бикарбонатный метод разделения.
68. Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата.
69. Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория.
70. Получение чистых соединений тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная.
71. Методы экстракционной очистки. Экстракция нитрата тория ТБФ. Экстракция тория аминами.

72. Получение металлического тория. Исходное сырьё. Электролиз расплавленных солей. Обработка катодных штанг.
73. Получение металлического тория. Металлотермическое восстановление оксида и галогенидов тория.
74. Обработка ториевого металлического порошка. Получение компактного металла. Методы рафинирования.

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

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 60 мин.

4 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», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.

Темы сообщений и докладов для самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины

1. Распространенность урана в природе. Геохимические особенности урана. Образование первичных урановых минералов. Геохимия урана в зоне выветривания и образование вторичных урановых минералов. Основные урановые минералы, их характеристика. Прогнозы добычи урана на ближайшие десятилетия.
2. Процессы дробления, измельчения, классификации, сгущения и фильтрации. Оборудование для рудоподготовки. Типовые схемы дробления, измельчения, классификации и сгущения руд радиоактивных элементов.
3. Задачи обогащения. Гравитационные методы обогащения. Оборудование. Типовые схемы обогащения.
4. Задачи высокотемпературной обработки руд и концентратов. Сульфатизация, хлорирование, спекание с добавками солей. Физико-химические основы процессов. Основная аппаратура.
5. Выбор и обоснование способа выщелачивания. Серноокислотное выщелачивание руд и концентратов урана. Технологические схемы серноокислотного вскрытия первичных и вторичных руд.
6. Выбор и обоснование способа выщелачивания. Вскрытие урановых руд растворами соды. Технологические схемы вскрытия первичных и вторичных руд содовыми растворами.
7. Подземное выщелачивание руд. Сущность геотехнологических процессов. Подземное выщелачивание скальных пород.
8. Подземное выщелачивание руд. Сущность геотехнологических процессов. Подземное выщелачивание руд осадочных месторождений в пластовых условиях.
9. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов. Аппаратурное оформление процесса. Сорбционное выделение урана из осветленных серноокислых растворов ионообменным методом.
10. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов. Аппаратурное оформление процесса. Сорбционное выделение урана из карбонатных растворов.
11. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса.
12. Применение ионообменных процессов в технологии урана.
13. Применение ионообменных процессов в технологии редких металлов.
14. Особенности экстракционных процессов при извлечении ценных компонентов из разбавленных растворов. Преимущества экстракционного метода перед сорбционным. Недостатки метода.
15. Первичные, вторичные и третичные алкиламины и четвертичные аммониевые основания как экстрагенты в технологии урана.
16. Алкилорто- и алкилпирофосфорные, алкилфосфоновые и алкил-фосфиновые кислоты как экстрагенты в технологии урана.
17. Экстракция урана нейтральными экстрагентами.
18. Использование экстракции для извлечения и разделения редких элементов.
19. Задачи тонкой очистки. Особенности аффинажных операций. Экстракционные и химические методы очистки урановых соединений.
20. Применение тетрафторида урана. Сравнение "мокрых" и "сухих" методов получения тетрафторида урана.
21. Применение гексафторида урана. Получение гексафторида урана. Аппаратурное оформление процессов.

22. Получение керамического ядерного топлива.

В 10-м семестре студенты получают зачет по результатам оформления и защиты всех лабораторных работ и результатам опросов по прослушанному лекционному курсу.

Примеры индивидуальных расчетных заданий по разделам дисциплины

Экстракционное выделение урана из сульфатных растворов в присутствии указанных в задании примесей, реэкстракция и осаждение первого химического концентрата. Решение задачи разделения 2 или 3 элементов с применением различных классов экстрагентов (несколько вариантов)

Пример

разработка схемы по извлечению урана из технической фосфорной кислоты при переработке урансодержащих фосфоритов методом сульфатизации с заданной производительностью. Разработанная схема состоит из двух этапов и обеспечивает извлечение урана 96 % при содержании его в концентрате 77 % (97 % U_3O_8). На первом этапе фосфорная кислота охлаждается до 40 - 45 °С. Уран из кислоты экстрагируют на четырех ступенях смесью 0,5 М ди-2-этилгексилфосфорной кислоты и 0,125 М триоктилфосфиноксида (ТОФО) в алифатическом очищенном разбавителе керосине с высокой температурой кипения. Уран реэкстрагируется из органической фазы раствором фосфорной кислоты, в которую добавлено железо, восстанавливающее уран до четырехвалентного состояния и способствующего его переходу в водную фазу. (Для реэкстракции используется рафинат из экстракционного отделения, вывод небольшого объема которого не представляет трудностей и обходится дешево.) Наилучшие результаты на стадии реэкстракции достигаются при создании в отделении инертной атмосферы для избежания окисления реэкстракта. При правильно поддерживаемых условиях концентрация урана в реэкстракте составляет около 12 гU/л, что в 70 раз выше, чем в исходной кислоте. Этот реэкстракт направляют на второй этап переработки.

Сначала уран окисляют $NaClO_3$ до шестивалентного состояния. Для окисления используют 2 аппарата с мешалкой периодического действия. Затем экстрагируют при 25 °С на трех ступенях смесью 0,3 М ДЭГФК и 0,075 МТОФО. Рафинат возвращают в экстрактор первого этапа для доизвлечения оставшегося урана. Органическая фаза (экстракт) промывается водой при О:В=5:1, после чего уран реэкстрагируют на двух ступенях при 35 °С раствором карбоната аммония в условиях, обеспечивающих прямое осаждение урана в виде хорошо фильтрующегося комплекса УТКА, который после прокаливается дает U_3O_8 . Химический состав осажденного УТКА: 12,7 % NH_3 , 44,9 % U и 34 % CO_3 ; после промывки (используется объем смеси 1 М $NH_4 OH$ + разбавитель керосин для удаления следов экстрагента) УТКА сушится на воздухе и прокаливается в течение 2 ч при 600 °С.

Полученный продукт, содержащий 97,5 % U_3O_8 , 0,5 % Fe, 0,06 % PO_4 , 0,5 % CO_3 , 0,004 % V, 0,0025 % Ti, 7×10^{-4} % Mo, направляется на заводы для производства гексофторида урана (UF_6).

