

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шевчик Андрей Павлович
Должность: Врио ректора
Дата подписания: 23.06.2021 14:49:49
Уникальный программный ключ:
e1e4bb0d4ab042490a99c40e31641575580ad1a202c444b0f04635f200db7603



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
« ____ » _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ТОПЛИВА
(Начало подготовки – 2017 год)

Специальность
18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация:
№ 01 Химическая технология материалов ядерного топливного цикла (ЯТЦ)

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

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

Санкт-Петербург

2016

Б1.Б.27.02

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент Кескинов В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	8
3. Объем дисциплины	9
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	9
4.2. Занятия лекционного типа	11
4.3. Занятия семинарского типа	17
4.4. Лабораторные занятия.....	18
4.5. Самостоятельная работа	20
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	22
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	22
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	23
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	24
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	24
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	25
10.2. Программное обеспечение	25
10.3. Информационные справочные системы	25
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	25
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	25
Приложения	26

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>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	ОПК-5 пониманием значения информации в современном мире, способностью решать задачи профессиональной деятельности с применением информационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	<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; - пользоваться современными методами контроля технологических операций, качества исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов; <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.; - способами производства керамического топлива; – современной компьютерной базой литературных и патентных данных технологии урана и тория.
ПК-2	ПК-2 способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство, режим работы основного оборудования; - способы производства различных видов керамического ядерного топлива; - нормы выработки и технологические нормативы расходования сырья, материалов и энергетические затраты

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	контроля технологического процесса;	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить расчеты норм выработки и расходования сырья, материалов и энергетических затрат, обрабатывать и анализировать полученные результаты с применением современных инструментальных методов и вычислительной техники для оптимизации технологических процессов; - выбрать подходящий состав и способ производства топливных элементов; <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.; - способами производства керамического топлива; - современной компьютерной базой литературных и патентных данных технологии урана и тория.
ПК-19	ПК-19 способностью к проведению патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы расчета основных технологических процессов технологии редких элементов; - устройство, режим работы основного оборудования; - принципы построения технологических схем, оптимальных по организации процесса и выбору технологического оборудования, пути совершенствования основных узлов передела; - состояние и перспективы развития сырьевой базы, возможности комплексного использования сырьевых ресурсов, создания безотходной технологии, требования по охране труда и техники безопасности; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитать материальный баланс операции выщелачивания, промывки осадков и пульп, фильтрования,

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>ионообменного извлечения, экстракции и других гидрометаллургических процессов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - организовать технологический процесс, обеспечивая получение продуктов полностью отвечающих требованиям; - подобрать оптимальные условия проведения этих процессов; - пользоваться современными методами контроля технологических операций, качества исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов; - выбирать стандартное основное и вспомогательное оборудование; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета технологического процесса, удельной производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и назначений параметров процесса. - навыками оценки эффективности и качества технологического процесса; - методами поиска информации и ее обработки, работы с научно-технической и патентной литературой, нормативными материалами; - теоретическими основами гидрометаллургических процессов, включая процессы растворения, экстракционного разделения урана, плутония, нептуния и их очистки от продуктов деления, аффинажные операции с ураном, плутонием и нептунием; - современной компьютерной базой литературных и патентных данных технологии переработки облученного ядерного топлива.
ПСК-1.1	ПСК-1.1 способность 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

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>пердела;</p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние и перспективы развития сырьевой базы, возможности комплексного использования сырьевых ресурсов, создания безотходной технологии, требования по охране труда и техники безопасности; - способы производства различных видов керамического ядерного топлива; - конструкции твэлов и тепловыделяющих сборок. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организовать технологический процесс, обеспечивая получение продуктов полностью отвечающих требованиям; - подобрать оптимальные условия проведения этих процессов; - пользоваться современными методами контроля технологических операций, качества исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов; - выбирать стандартное основное и вспомогательное оборудование; - проводить исследование в области производства естественных радиоактивных и редких элементов в лабораторных условиях, обрабатывать и анализировать полученные результаты с применением современных инструментальных методов и вычислительной техники для оптимизации технологических процессов; - выбрать подходящий состав и способ производства топливных элементов; - осуществить практическое производство исходных компонентов керамического топлива, таблеток и других видов топлива, переработку бракованных изделий. <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

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>пульп, тонкой химической очистки и т.п.;</p> <ul style="list-style-type: none"> - способами производства керамического топлива; - современной компьютерной базой литературных и патентных данных технологии урана и тория
ПСК-1.2	ПСК-1.2 способность осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО	<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; - состояние и перспективы развития сырьевой базы, возможности комплексного использования сырьевых ресурсов, создания безотходной технологии, требования по охране труда и техники безопасности; - способы производства различных видов керамического ядерного топлива; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организовать технологический процесс, обеспечивая получение продуктов полностью отвечающих требованиям; - подобрать оптимальные условия проведения этих процессов; - пользоваться современными методами контроля технологических операций, качества исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов; - выбирать стандартное основное и вспомогательное оборудование; - проводить исследование в области производства естественных радиоактивных и редких элементов в лабораторных условиях, обрабатывать и анализировать полученные результаты с применением современных инструментальных методов и вычислительной техники для оптимизации

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		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.; - способами производства керамического топлива; – современной компьютерной базой литературных и патентных данных технологии урана и тория.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к базовым дисциплинам специализации (Б1.Б.27.02), изучается на 4 курсе в 8-ом и на 5 курсе в 9-ом 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 керамического топлива» 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	
		8-ой	9-ой
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/288	4/144	4/144
Контактная работа с преподавателем:	138	48	90
занятия лекционного типа	32	32	
занятия семинарского типа, в т.ч.			
семинары, практические занятия	-	-	
лабораторные работы	90		90
курсовое проектирование (КР или КП)		КП	
КСР (КП)	(16)	(16)	
другие виды контактной работы (КОНТРОЛЬ)	36	36	
Самостоятельная работа	114	60	54
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)		Индивид. задания	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экз. Зачет КП	Экз. 36 КП	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
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
Семестр 8						
1	Введение.	2				
2	Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	2				ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1
3	Рудоподготовка и обогащение руд	2			5	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.2
4	Высокотемпературная обработка руд и концентратов	2				ОПК-5; ПСК-1.2

5	Выщелачивание урановых руд и концентратов	4				ПК-2; ПСК-1.1
6	Химические методы выделения концентратов	2				ОПК-5; ПСК-1.2
7	Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп	6			10	ПК-19 ПСК-1.1
8	Экстракционные методы переработки урановых растворов	4			15	ОПК-5; ПСК-1.2
9	Аффинаж урана	2				ПСК-1.1
10	Получение оксидов и фторидов урана	1			10	ОПК-5; ПСК-1.2
11	Получение металлического урана	1			10	ПК-19 ПСК-1.2
12	Производство керамического топлива	1			5	ОПК-5; ПСК-1.2
13	Техника безопасности и охрана труда в производстве урана	1			5	ПК-19 ПСК-1.2
14	Технология тория	2				ОПК-5; ПСК-1.2
	Экзамен	(36)				
	ИТОГО:	32			60	
Семестр 9						
3	Рудоподготовка и обогащение руд			20	8	ОПК-5; ПСК-1.2
5	Выщелачивание урановых руд и концентратов			20	8	ПК-2; ПК-19; ПСК-1.1
6	Химические методы выделения концентратов			20	8	ПК-1; ПСК-1.2
7	Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп			20	8	ОПК-5; ПСК-1.1
9	Аффинаж урана			10	8	ОПК-5; ПСК-1.2
12	Производство керамического топлива				8	ПСК-1.2
14	Технология тория				6	ПСК-1.1
	зачет					
	ИТОГО:			90	54	

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	Слайды-презентация
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	Слайды-презентация

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 пульпы, 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>	2	Слайды-презентация
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	Слайды-презентация

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> <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>	4	Слайды-презентация
---	--	---	--------------------

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	Слайды-презентация
7	<p><u>Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп.</u> Области применения ионообменных процессов в технологии радиоактивных элементов. Требования, предъявляемые к ионитам. 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	Слайды-презентация

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.</p> <p>Общие требования, предъявляемые к экстрагентам. Разбавители и их роль в экстракционных процессах. 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. Резэкстракция. Технологическая схема выделения урана из осветленных сернокислых растворов экстракцией алкиламинами; 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 резэкстракции. 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>	4	Слайды-презентация
9	<p><u>Аффинаж урана.</u> Задачи тонкой очистки. Понятие о ядерной чистоте. Особенности аффинажных операций. 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	Слайды-презентация

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> <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>	1	Слайды-презентация
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	
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	

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> <p>Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата, иттропаризита, бастнезита.</p> <p>Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная.</p> <p>Методы экстракционной очистки. Экстракция нитрата тория ТБФ. Экстракция тория аминами.</p> <p>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.</p>	2	
----	--	---	--

4.3. Занятия семинарского типа.

Не предусмотрены

4.4 Лабораторные занятия.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (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
2	Выщелачивание урановых руд и	Сернокислотное вскрытие урановой руды. Расчет необходимого количества серной кислоты и	20

	концентратов (№5)	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. 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
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
	ИТОГО		90

4.5 Самостоятельная работа обучающихся.

Семестр 8

№ 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, речные), гидроциклоны, сгустители-отстойники, патронные сгустители, фильтры (барабанные, дисковые, карусельные, ленточные, фильтр-прессы, ФПАК-М и др.), пульсационная колонна для отмывки кеков с насадкой КРИМЗ	5	Устный опрос №1
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.	10	Устный опрос №2
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). Характеристика промышленных марок алкиламинов. Характеристика промышленных марок экстрагентов: ДДФК, Д2ЭГФК, ОПФК, ДПФК и др.	15	Устный опрос №3
10	Получение фторидов урана. Получение тетрафторида урана из водных растворов. Электролитическое восстановление урана (VI). Осаждение, дегидратация и сушка гидратов тетрафторида урана. 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.	10	Устный опрос №4

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
11	Термодинамические основы металлургии урана. Сырье для получения металлического урана. Методы получения металлического урана: электрохимическое восстановление из расплавленных солей, металлургическое восстановление оксидов и галогенидов. Режим процессов.	10	Устный опрос №5
12	Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла. Рафинирование черного металла. Аппаратура для рафинирования. Техника безопасности при работе с обогащенным ураном. Изготовление ТВЭЛов. Переработка отходов металлургического	5	Устный опрос №6
13	Отходы гидро-металлургических заводов и их удаление. Хвостохранилище. Санитарные нормы выброса жидких, твердых и газообразных отходов. ПДК радиоактивных элементов в воздухе и воде.	5	Устный опрос №7
ИТОГО:		60	

Семестр 9

3	Гравитационные методы обогащения. Отсадка. Отсадочные машины. Концентрационные столы. Конусные сепараторы. Обогащение в тяжелых суспензиях.	8	Устный опрос №8
5	Выщелачивание урановых руд и концентратов	8	Устный опрос №9
6	Химические методы выделения концентратов	8	Устный опрос №10
7	Ионообменное извлечение урана из осветленных растворов.	8	Устный опрос №11
9	Аффинаж урана	8	Устный опрос №12
12	Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла. Рафинирование черного металла. Аппаратура для рафинирования. Техника безопасности при работе с обогащенным ураном. Изготовление ТВЭЛов. Переработка отходов металлургического производства.	8	Устный опрос №13
14	Технология тория	6	Устный опрос №14
ИТОГО:		54	

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, защиты курсового проекта и зачета.

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

Экзамен, защита КП и зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретические вопросы для экзамена и зачета (для проверки знаний) и комплексная задача в виде темы курсового проекта (для проверки умений и навыков).

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.

Пример варианта темы курсового проекта:

Проект цеха по азотнокислой переработке урансодержащего апатитового сырья

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Краткая энциклопедия урана / А. Акатов, Ю. Коряковский. - СПб. : Фонд развития модульного обучения "Петерфонд", 2013. 113 с.
2. Общая химическая технологи : 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.
3. Пяртман, А. К. Определение изотерм экстракции нитрата уранила (VI) при использовании полимерных композиционных материалов с три-н-бутилфосфатом: методические указания / А. К. Пяртман ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии ред. элементов и наноматериалов на их основе. - СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2012. - 22 с..
4. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и оборудования для выщелачивания руд и концентратов. Учебное пособие / Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин.– СПб.: СПбГТИ(ТУ). 2013. 51 с. (ЭБ).
5. 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. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.-68 с. (ЭБ).
6. Блохин, А. А. Кинетика ионного обмена : Методические указания / А. А. Блохин, Ю. В. Мурашкин, А. А. Копырин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии ред. и рассеян. элементов. - СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2009. - 21 с.
7. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для заочной формы обучения / О. П. Банных, Е. И. Борисова, В. А. Константинов и др. - СПб. : Синтез, 2009. - 109 с. (ЭБ).

б) дополнительная литература:

1. Копырин, А.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива. / А.А.Копырин, А.И. Карелин, В.А. Карелин М.: Атомэнергоиздат., 2006. 576с.
2. Комби, Бруно. Защитники природы за атомную энергию [Текст] : позитивный взгляд на ядерную электроэнергетику исходя из перспективы охраны окружающей среды / Б. Комби; пер. на рус. яз. В. Коваленко, М. Подставковой. - М.: Росатом, 2009. - 395 с.
3. Пяртман, А.К. Фазовые равновесия "жидкость-жидкость" в системах, содержащих координационные сольваты лантаноидов и актиноидов : учебное пособие / А. К. Пяртман, В. А. Кескинов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии ред. и рассеян. элементов. - СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2005. 101 с.

в) вспомогательная литература:

1. Кескинов, В.А. Переработка урансодержащего сырья: Метод.указания / В.А. Кескинов, Ю.В. Мурашкин, А.К. Пяртман. -СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003. 35с.
2. Громов, Б.В. Введение в химическую технологию урана. / М.: Атомиздат. 1978.336с.
3. Судариков, Б.И. Процессы и аппараты урановых производств. / Судариков Б.И., Раков Э.Г. М.: Машиностроение. 1969.383с.
4. Гидрометаллургическая переработка уранорудного сырья / Под ред. Д.И. Скороварова. М.: Атомиздат. 1979.280с.

5. Галкин, Н.П.. Основные процессы и аппараты технологии урана. / Галкин Н.П., Тихомиров В.Б. М.: Госатомиздат. 1961.219с.
6. Галицкая И.А. Технология ядерного топлива. Конспект лекций. / Л. ЛТИ им. Ленсовета.1982.48с.
7. Шевченко, В.Б. Технология урана. / Шевченко В.Б., Судариков Б.Н.М.: Госатомиздат. 1961.330с.
8. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии. / М.: Metallurgia. 1982.375с.
9. Иониты в цветной металлургии/ Под ред. К.Б. Лебедева. М.: Metallurgia. 1975.332 с.
10. Химия и технология фтористых соединений урана./ Н.П. Галкин, А.А. Майоров, У.Д. Веряжин и др.// М.: Госатомиздат. 1961.348с.
11. Зеликман, А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. / Зеликман А.Н., Вольдман Г.М., Беляевская Л.В. М.: Metallurgia. 1975.324 с.

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/>.

1. Кузнецова, И.М. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС. [Электронный ресурс] / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампида, В.Г. Иванов, Э.В. Чиркунов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/45973>.

2. Смирнов, Н.Н. Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов). [Электронный ресурс] / Н.Н. Смирнов, В.М. Барабаш, К.А. Карпов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 84 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91283>.

3. Нифталиев, С.И. Теория и практика очистки неорганических веществ. [Электронный ресурс] / С.И. Нифталиев, С.Е. Плотникова, А.В. Астапов. — Электрон. дан. — Воронеж : ВГУИТ, 2014. — 63 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72914>.

4. Прокофьев, В.Ю. Оборудование производств неорганических веществ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2015. — 115 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/69971>.

5. Прокофьев, В.Ю. Основы проектирования производств неорганических веществ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2015. — 131 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/69972>.

6. Тананаев, И.Г. Уран: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2011. — 92 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75976>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Технология керамического топлива» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. 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.

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 электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel);

10.3. 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, курсового проектирования 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: спектрофотометры СФ-46, фотоколориметр, весы технические и аналитические, рН-метры, радиометрическое оборудование.

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 керамического топлива»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-5	пониманием значения информации в современном мире, способностью решать задачи профессиональной деятельности с применением информационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	промежуточный
ПК-2;	способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса	промежуточный
ПСК-1.1	способностью к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов;	промежуточный
ПСК-1.2	способностью осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО	промежуточный
ПК-19	способностью к проведению патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Введение.	Знание основных этапов развития урановой промышленности. Понимание перспективы развития производства урана и тория и их роль в энергетике будущего.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 1-2	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 2. Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности.	Знание геохимических особенности урана и тория; основных урановых и ториевых минералов и их характеристик. Владение основными критериями для промышленной оценки месторождений полезных ископаемых.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 1-4	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 3. Рудоподготовка и обогащение руд.	Знание принципов классификации промышленных урановых руд; процессов дробления, измельчения, классификации, сгущения и фильтрации. Владение типовыми схемами дробления, измельчения, классификации и сгущения руд радиоактивных элементов. Понимание задач обогащения. Знание методов обогащения и показателей процесса обогащения.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 5-13	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 4. Высокотемпературная обработка руд и концентратов.	Знание задач и способов высокотемпературной обработки руд и концентратов. Владение физико-химическими основами процессов.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 14-16	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 5. Выщелачивание урановых руд и концентратов	Понимание сущности и области применения гидрометаллургического способа переработки руд и концентратов. Владение принципом выбора реагентов для гидрометаллургических процессов. Знание процессов перколяции и агитации; реакторов с механическим, пневмомеханическим и пневматическим перемешиванием. Понимание преимуществ непрерыв-	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 16-26	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>ного процесса. Знание преимуществ и недостатков автоклавного процесса выщелачивания.</p> <p>Владение принципами выбора и обоснование способа выщелачивания.</p> <p>Знание технологических схем сернокислотного вскрытия первичных и вторичных руд.</p> <p>Знание подземного выщелачивание руд, понимание сущности геотехнологических процессов, ограничений метода.</p>		
Освоение раздела № 6. Химические методы выделения концентратов.	<p>Знание основ осаждения химических концентратов урана; поведение примесей при выделении концентратов.</p> <p>Владение способами выделение урана из содовых растворов.</p>	Правильные ответы на вопросы экзамену № 27-29	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 7. Ионнообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп	<p>Понимание области применения ионнообменных процессов в технологии радиоактивных элементов; преимуществ ионнообменного метода извлечения урана перед осадительным.</p> <p>Знание механизма сорбции ионов катионитами и анионитами; основных показателей, характеризующие ионнообменный процесс.</p> <p>Владение методами извлечения урана ионнообменными смолами из осветленных растворов и пульп.</p> <p>Знание аппаратного оформления процесса; преимуществ и недостатков ионнообменной технологии; её возможностей, экономической оценки и перспектив развития</p>	Правильные ответы на вопросы экзамену № 30-36	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 8. Экстракционные методы переработки урановых растворов.	<p>Знание особенностей экстракционных процессов при извлечении ценных компонентов из разбавленных растворов; преимуществ экстракционного метода перед сорбционным и недостатков метода.</p> <p>Владение общими требования, предъявляемые к экстрагентам; разбавителям и обоснованием выбора экстрагента.</p> <p>Знание экстракции урана из пульп.</p>	Правильные ответы на вопросы экзамену № 37-45	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	Технологические схемы очистки экстракционными методами. Умение обосновать выбор экстракционного оборудования.		
Освоение раздела № 9. Аффинаж урана.	Знание задач тонкой очистки; понятия о ядерной чистоте. Владение особенностями аффинажных операций; экстракционными и химическими методами очистки урановых соединений.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 46-49	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 10. Получение оксидов и фторидов урана.	Знание системы уран – кислород; получения оксидов урана. Умение обосновать выбор аппаратов для получения оксидов. Знание применение тетрафторида и гексафторида урана; требований, предъявляемым ним; сравнение "мокрых" и "сухих" методов получения тетрафторида урана; получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 50-54	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 12. Производство керамического топлива.	Знание требований, предъявляемые к ядерному топливу, классификация ядерного топлива, керамическое ядерное топливо. Владение физико-химическими основами получения керамических материалов. Знание конструкции твэлов и тепловыделяющих сборок	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 55-58	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 13. Техника безопасности и охрана труда в производстве урана.	Знание техники безопасности и охрана труда в производстве урана, радиоактивные отходы заводов и очистка промышленных сточных вод.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 59-60	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19
Освоение раздела № 14. Технология тория.	Знание роли тория в атомной энергетике, перспективы. Владение способами переработки ториевых руд и концентратов. Знание методов получения чистых соединений тория. Получение металлического тория. Знание материалов и оборудования для получения металлического тория.	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 61-74	ОПК-5; ПК-2; ПСК-1.1; ПСК-1.2; ПК-19

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и защиты КП, результат оценивания – балльный, в форме зачета - результат оценивания «зачтено» или «не зачтено».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-5; ПК-2; ПК-19; ПСК-1.1; ПСК-1.2:

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. Флотомашинны.
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 серноокислых 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. Реэкстракция.
41. Характеристика промышленных марок алкиламинов. Технологическая схема выделения урана из осветленных серноокислых 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 реэкстракции. 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. Аппаратурное оформление процессов. Методы получения тетрафторида и оксидов урана из обогащенного гексафторида урана.
55. Допустимые нормы на содержание примесей в металлическом уране. Термодинамические основы металлотермии урана. Сырье для получения металлического урана.
56. Методы получения металлического урана: металлотермическое 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 сырье. 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.

К экзамену, зачету 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. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 40 мин.

б) Темы курсовых проектов

1. Проект цеха по переработке торий-фосфатного сырья по щелочной схеме;
2. Проект цеха по извлечению урана из растворов серноокислотного вскрытия урансодержащего апатитового сырья;
3. Проект цеха по щелочной переработке монацитового концентрата;
4. Проект цеха по азотнокислой переработке урансодержащего апатитового сырья;
5. Проект отделения цеха по получению хлорида лития из сподуменового концентрата;
6. Участок цеха по переработке концентрата средних, тяжелых РЗМ и иттрия на оксид иттрия и концентраты средних и тяжелых РЗМ;
7. Проект цеха по переработке иттриосинхизитового концентрата на сумму нитратов РЗМ (Ш);
8. Проект цеха экстракционной переработки растворов серноокислотного выщелачивания апатитового сырья;
9. Проект отделения цеха по утилизации отходов карбида вольфрама;
10. Проект отделения цеха по извлечению палладия из отработанных катализаторов нефтепереработки с получением концентрата палладия;
11. Проект участка цеха по извлечению молибдена из обожженного огарка после обжига молибденитовых концентратов;
12. Проект цеха по переработке торий-фосфатного сырья по щелочной схеме;
13. Проект отделения цеха по переработке сподумена известково-хлоридным методом;
14. Проект цеха по щелочной переработке фосфатно-ториевого концентрата;
15. Проект цеха по переработке карбонатов РЗМ цериевой группы с получением концентратов La-Nd и Sm-Gd;
16. Проект цеха по экстракционной переработке урансодержащих растворов серноокислотного вскрытия апатитового сырья;
17. Проект отделения цеха по переработке плава хлоридов РЗМ(Ш) на диоксид церия(IV) и концентрат РЗМ;
18. Проект участка цеха извлечения рения из промывной серной кислоты систем мокрого пылеулавливания молибденового производства;
19. Проект цеха по переработке лопаритового концентрата по серноокислотной схеме с выделением концентрата РЗЭ

К защите КП допускаются студенты, выполнившие все требования, изложенные в СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012 Виды учебных занятий. Курсовой проект.

Курсовая работа. Общие требования .

При защите КП студенту задают 2-3 вопроса, связанных с темой КП.

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 СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012 Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа.

Общие требования .

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. Сернокислотное выщелачивание руд и концентратов урана. Технологические схемы сернокислотного 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 сернокислых 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 9-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 прокаливания 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).

