


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 20.06.2022 12:26:50  
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  
« 21 » 04 2017 г.



**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.**  
**ЧАСТЬ 1**

*(начало подготовки – 2017 год)*

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:

- № 1 Химическая технология материалов ядерного топливного цикла**
- № 3 Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных энергетических установок**
- № 5 Радиационная химия и радиационное материаловедение**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **инженерной радиозэкологии и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2017

Б1.Б.24

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТЧИКИ ПРОГРАММЫ

доцент, к.х.н	_____	В.А. Доильницын
ст. преп., к.т.н	_____	В.А. Винницкий
доцент, д.х.н	_____	А.В.Румянцев

Рабочая программа дисциплины «Технология основных материалов современной энергетики. Часть 1» обсуждена на заседании кафедры инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. № \_\_

Зав. кафедрой ИРРТ	_____	В.А. Доильницын
--------------------	-------	-----------------

Рабочая программа дисциплины «Технология основных материалов современной энергетики. Часть 1» одобрена учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. № \_\_

Председатель	_____	В.В. Прояев
--------------	-------	-------------

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»	_____	И.В. Юдин
---	-------	-----------

Директор библиотеки	_____	Т.Н. Старостенко
---------------------	-------	------------------

Начальник методического отдела учебно-методического управления	_____	Т.И. Богданова
--	-------	----------------

Начальник учебно-методического управления	_____	С.Н. Денисенко
---	-------	----------------

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	11
3. Объем дисциплины.....	12
4. Содержание дисциплины.....	13
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	13
4.2. Занятия лекционного типа .....	14
4.3. Занятия семинарского типа .....	18
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	18
4.3.2. Лабораторные занятия .....	18
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	19
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	20
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	20
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	21
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	22
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	23
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	24
10.1. Информационные технологии.....	24
10.2. Программное обеспечение.....	24
10.3. Информационные справочные системы.....	24
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	24
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	25
Приложение № 1 .....	26
Приложение № 2.....	35

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями: ОПК-1; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-20.

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b>	способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b>  основные свойства ядер и теории их устойчивости;  основы теории химической связи в соединениях разных типов;  химические свойства элементов различных групп Периодической системы;  методы метрологической обработки результатов анализа;  термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем общих закономерностей химических процессов;  основные химические производства;  методы защиты от коррозии;  методы оценки ядерной и радиационной безопасности;  способы обеспечения радиационной безопасности населения;  модели миграции радионуклидов в окружающей среде;</p> <p><b>Уметь:</b>  применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;  работать в качестве пользователя персонального компьютера;  работать с программными средствами общего назначения;  проводить расчет изменения активности радионуклидов со временем;  расчет активности продуктов ядерных реакций;  оценивать дозовую нагрузку в различных условиях;  использовать термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач;  провести качественный и количественный анализ органического соединения с использованием химических и физико</p>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>химических методов анализа;  выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи и провести статистическую обработку результатов аналитических определений;  осуществлять оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий;  грамотно использовать нормативно правовые акты при работе с экологической документацией;  выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;  рассчитывать основные характеристики химического процесса;  выбирать рациональную схему производства заданного продукта;  оценивать технологическую эффективность производства;  выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;  выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса;  использовать действующие российские "Нормы радиационной безопасности" и другие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности;  рассчитывать изменение активности радионуклидов в РАО в зависимости от времени.</p> <p><b>Владеть:</b>  методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов;  методами проведения радиометрических и дозиметрических измерений и навыками корректной обработки их результатов;  методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента;  методами проведения химического анализа и метрологической оценки его результатов;  методами выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>среду;</p> <p>методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;</p> <p>методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов;</p> <p>пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов;</p> <p>методами оценки погрешности расчетных величин эффективных доз для отдельных лиц.</p>
ПК-1	<p>способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>основные принципы организации химического производства;</p> <p>методы оценки эффективности производства;</p> <p>общие закономерностей химических процессов;</p> <p>структуру атомной энергетики, ядерного топливного цикла (ЯТЦ) и его основных стадий;</p> <p>основные типы энергетических реакторов;</p> <p>основные ядерные реакции на нейтронах;</p> <p>процессы деления ядер и конструкцию ядерного реактора;</p> <p>методы управления ядерным реактором;</p> <p>процессы образования продуктов деления и трансурановых элементов;</p> <p>химические свойства элементов различных групп Периодической системы и их важнейших соединений;</p> <p>строение и свойства координационных соединений;</p> <p>методы разделения и концентрирования веществ;</p> <p>методы метрологической обработки результатов анализа;</p> <p>методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;</p> <p>термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>применять математические методы при</p>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>решении типовых профессиональных задач; выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи и провести статистическую обработку результатов аналитических определений; выполнять и читать чертежи технических изделий и схем технологических процессов; использовать средства компьютерной графики для изготовления чертежей; выбирать оборудование для конкретного химико-технологического процесса; рассчитывать основные характеристики химического процесса; оценивать технологическую эффективность производства; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; применять стандартные и специфические методы физико-химического анализа для решения практических задач.</p> <p><b>Владеть:</b> методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов; методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов; пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов; методами анализа эффективности работы химических производств.</p>
<b>ПК-2</b>	способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса	<p><b>Знать:</b> особенности аналитического контроля в отрасли; стандартные физико-химические методы анализа: радиометрические; масс-спектрометрические; способы оценки погрешности методов; особенности химии урана, тория, продуктов их распада, плутония, нептуния, америция и кюрия; методы выделения урана из сырья и его рафинирования;</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>свойства оксидного топлива;  методы разделения урана, плутония, нептуния, америция, кюрия и продуктов деления;  методы переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ);  обращение с радиоактивными отходами (РАО).</p> <p><b>Уметь:</b>  применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;  осуществлять оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий;  грамотно использовать нормативно правовые акты при работе с экологической документацией;  выполнять и читать чертежи технических изделий и схем технологических процессов;  использовать средства компьютерной графики для изготовления чертежей;  выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;  выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса;  использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности;  определять критическую группу населения рассчитывать для нее дозовую нагрузку;  рассчитывать изменение активности радионуклидов в РАО в зависимости от времени, рассчитывать дозовую нагрузку на население и персонал от источника ионизирующего излучения.</p> <p><b>Владеть:</b>  методами построения математической модели типовых технологических процессов и содержательной интерпретации полученных результатов;  методами экономической оценки деятельности предприятия;  методами выбора рационального способа</p>



Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		снижения воздействия радиохимических предприятий на окружающую среду; методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.
<b>ПК-3</b>	способностью анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию	<p><b>Знать:</b>  основные принципы организации химического и радиохимического производства, их иерархическую структуру; общие закономерности химических процессов;  основные химические производства;  методы защиты конструкционных материалов от коррозии;  особенности нержавеющей сталей;  реакторные материалы;  понятие о радиационной устойчивости материалов;  методы оценки ядерной и радиационной безопасности;  способы обеспечения радиационной безопасности населения  методы выделения радионуклидов из высокоактивных отходов;  методы и объекты радиационного контроля;  методы определения радионуклидов в объектах окружающей среды;  объекты и методы проведения радиационного мониторинга;  методы определения активности излучателей различных видов;  основные задачи обращения с радиоактивными отходами.</p> <p><b>Уметь:</b>  проводить расчет изменения активности радионуклидов со временем;  расчет активности продуктов ядерных реакций; оценивать дозовую нагрузку в различных условиях;  выполнять основные химические операции;  определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ;</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>использовать основные химические законы; термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач;</p> <p>провести качественный и количественный анализ веществ с использованием химических и физико-химических методов анализа;</p> <p>выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи и провести статистическую обработку результатов аналитических определений;</p> <p>проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>методами проведения радиометрических и дозиметрических измерений и навыками корректной обработки их результатов;</p> <p>методами проведения физических измерений;</p> <p>методами оценки радиационной опасности в различных ситуациях</p>
ПК-20	способностью к разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ	<p><b>Знать:</b></p> <p>методы оптимизации химико-технологических процессов с применением математических моделей;</p> <p>стандартные физико-химические и радиометрические методы анализа;</p> <p>методы переработки радиоактивных отходов (РАО) низкой и средней активности;</p> <p>особенности высокоактивных отходов (ВАО) и их радионуклидный состав;</p> <p>технологические процессы кондиционирования РАО;</p> <p>мероприятия по охране окружающей среды и радиационной безопасности при переработке радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ);</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;</p> <p>рассчитывать основные характеристики химического процесса;</p> <p>выбирать рациональную схему</p>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>производства заданного продукта; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса. рассчитывать коэффициенты распределения урана, тория, трансураниевых элементов, продуктов деления при сокристаллизации, ионном обмене и жидкостной экстракции; рассчитывать активности продуктов распада при распаде радионуклидов; использовать различия в химии урана, нептуния, плутония, америция и кюрия для их разделения; проводить отбор и радиохимический анализ проб; определять активность различных радионуклидов в различных объектах.</p> <p><b>Владеть:</b> методами корректной оценки погрешностей при проведении физического и химического эксперимента; пакетами стандартных прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов; экспериментальными методами определения физико-химических свойств химических соединений; методами проведения химического анализа и метрологической оценки его результатов; методами расчета констант равновесия химических реакций; методами анализа эффективности работы химических производств; методами безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лабораториях 2 и 3 класса; методами оценки радиационной безопасности и расчета дозовой нагрузки на персонал и население.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология основных материалов современной энергетики. Часть 1» (Б1.Б.24) относится к обязательным дисциплинам базовой части, и изучается на 4 курсе, в 7 и 8 семестрах.

Целью освоения дисциплины является приобретение навыков по разработке, проектированию и эксплуатации технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ЯТЦ атомной энергетики из природного и техногенного сырья, переработке ОЯТ, по обеспечению радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения.

Изучение дисциплины «Технология основных материалов современной энергетики. Часть 1» основывается на знании студентами материалов следующих дисциплин: «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Физико-химические методы анализа», «Основы ядерной физики и дозиметрии».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Технология основных материалов современной энергетики. Часть 2», прохождении практики (научно-исследовательской работы и преддипломной практики), при выполнении выпускной квалификационной работы, государственной итоговой аттестации и в дальнейшей трудовой деятельности.

### 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов	Семестр	
		7	8
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	7 / 252	2 / 72	5 / 180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	150	36	114
занятия лекционного типа	68	36	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	64	--	64
семинары, практические занятия	--	--	--
лабораторные работы	64	--	64
курсовое проектирование (КР или КП)	--	--	--
КСР	18	--	18
другие виды контактной работы	--	--	--
<b>Самостоятельная работа</b>	66	36	30
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	--	--	--
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экз. (36), зач.	Зач.	Экз. (36)

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение. Основные определения и понятия	2	-	-	2	ОПК-1 ПК-1 ПК-2
2.	Природные радионуклиды. Уран и торий в природе. Общая характеристика свойств урана и тория	4	-	-	5	ОПК-1 ПК-1 ПК-2
3.	Общие принципы построения технологических схем получения ядерного топлива	4	-	-	7	ОПК-1 ПК-1 ПК-2 ПК-3
4.	Выщелачивание урана из руд	6	-	-	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3
5.	Осадительные, сорбционные методы концентрирования и очистки урана и тория	4	-	32	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
6.	Экстракционные методы концентрирования и очистки урана и тория	4	-	-	4	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
7.	Аффинажная очистка урана	4	-	8	4	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
8.	Получение соединений урана и металлического урана. Обогащение урана по урану-235. Технология тория и его соединений	4	-	-	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
9.	Общая характеристика ядерного топлива и основы реакторных процессов	6	-	-	4	ПК-1 ПК-2
10.	Проблема ОЯТ и основные направления ее решения. Главные стадии процесса обращения с ОЯТ	8	-	-	4	ПК-1 ПК-2

11.	Гидрометаллургические технологии переработки ОЯТ. Осадительные и сорбционные методы переработки ОЯТ	4	-	12	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
12.	Экстракционные методы переработки ОЯТ	4	-	12	4	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
13.	Аффинажная очистка плутония. Получение и применение соединений плутония и металлического плутония	6	-	-	6	ПК-1 ПК-2 ПК-3
14.	Неводные методы переработки ОЯТ	4	-	-	6	ПК-1 ПК-2 ПК-3
15.	Производство и применение смешанного оксидного (МОХ) уран-плутониевого топлива	2	-	-	4	ПК-1 ПК-2
16.	Производство и применение в атомной энергетике неядерных материалов	2	-	-	8	ПК-1 ПК-2
	<b>ИТОГО</b>	<b>68</b>	<b>-</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	<b>Введение. Основные определения и понятия:</b> История становления и развития атомной промышленности и атомной энергетики. Понятие о ЯТЦ. Типы ЯТЦ. Основные технологические переделы ЯТЦ. Современное состояние и перспективы развития ядерного комплекса в Российской Федерации и за рубежом.	2	Слайд-презентация
2.	<b>Природные радионуклиды. Уран и торий в природе. Общая характеристика свойств урана и тория:</b> Природные радионуклиды и природные радиоактивные элементы. Радиоактивные ряды. Основные минералы урана и тория. Типы месторождений урана и тория и их промышленное значение. Минерально-сырьевые ресурсы урана и тория. Общая характеристика физических и химических свойств урана и тория. Степени окисления. Состояние урана и тория в растворах. Комплексообразование. Гидролиз. Характеристика окислительно-восстановительных свойств.	4	Слайд-презентация
3.	<b>Общие принципы построения технологических схем получения ядерного топлива:</b> Основные стадии процесса получения ядерного топлива на основе урана. Обоснование необходимости и	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	последовательности проведения отдельных технологических операций (переделов). Примеры типовых промышленных схем. Техничко-экономическая оценка отдельных переделов и схем в целом.		
4.	<b>Выщелачивание урана из руд:</b> Классификация руд. Рудоподготовительные операции и оборудование. Дробление и измельчение руд. Обогащение руд: классификация технологий, принцип их реализации, оборудование. Классификация и суть различных технологий выщелачивания урана из руд (вскрытия урановых руд). Физико-химические основы процессов, условия проведения, оборудование, контроль процессов. Выбор и обоснование технологии вскрытия урановых руд.	6	Слайд-презентация
5.	<b>Осадительные, сорбционные методы концентрирования и очистки урана и тория:</b> Основы осадительного концентрирования урана. Выбор осадителя и условий проведения осаждения. Общие принципы и примеры построения технологических схем. Осадительное оборудование. Основные понятия, закономерности и характеристики сорбционных (ионообменных) процессов. Непрерывный ионный обмен. Классификация и характеристика свойств ионитов и сорбентов, применяемых в технологии ядерного топлива. Сорбционное извлечение урана из растворов: организация процесса, оборудование. Сорбционное извлечение урана из рудных пульп (сорбционное выщелачивание урана): организация процесса, оборудование.	4	Слайд-презентация
6.	<b>Экстракционные методы концентрирования и очистки урана и тория:</b> Общая характеристика применения экстракционных процессов в технологии ядерного топлива. Основные понятия, характеристики и закономерности экстракционных процессов. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции. Характеристика экстрагентов, разбавителей и высаливателей, применяемых в технологии ядерного топлива. Экстракционное оборудование: смесители, отстойники, экстракционные колонны, центробежные экстракторы и др. Примеры организации экстракционных схем.	4	Слайд-презентация
7.	<b>Аффинажная очистка урана:</b> Цели и задачи аффинажной очистки урана. Осадительный (пероксидный, оксалатный, карбонатный) аффинаж урана. Сорбционный аффинаж урана. Экстракционный аффинаж урана. Принцип разработки и примеры организации промышленных технологий аффинажной очистки урана.	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8.	<p><b>Получение соединений урана и металлического урана. Обогащение урана по урану-235. Технология тория и его соединений:</b></p> <p>Общая характеристика оксидов урана и их свойств. Способы получения оксидов урана. Аппаратурное оформление процессов получения оксидов урана. Применение оксидов урана. Общая характеристика фторидов урана и их свойств. Способы получения фторидов урана. Аппаратурное оформление процессов получения фторидов урана. Применение фторидов урана.</p> <p>Обогащение урана по нуклиду уран-235. Общая характеристика и принципы организации методов разделения нуклидов. Разделительное оборудование. Свойства металлического урана. Методы получения металлического урана. Электрохимические методы. Металлотермические методы: кальциетермия и магниетермия. Рафинирование металла. Применение металлического урана.</p> <p>Общая технологическая схема получения ядерного топлива на основе тория и его соединений. Вскрытие ториевых руд. Гидрометаллургические процессы получения ториевых концентратов. Аффинажная очистка тория. Получение промышленно значимых соединений тория и металлического тория.</p>	4	Слайд-презентация
9.	<p><b>Общая характеристика ядерного топлива и основы реакторных процессов:</b></p> <p>Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ) и сборки (ТВС). Характеристика материалов сердечников и оболочек ТВЭЛ. Особенности конструкций ТВЭЛ и ТВС, предназначенных для реакторов различного типа. Примеры технологических схем изготовления ТВЭЛ и ТВС.</p> <p>Физические основы реакторных процессов. Ядерные реакции, протекающие в активной зоне реактора. Воспроизводство ядерного топлива. Накопление плутония, других трансурановых элементов. Глубина выгорания ядерного топлива. Продукты деления. Управление цепной ядерной реакцией деления ядерного топлива. Общая характеристика отработавшего ядерного топлива.</p>	6	Слайд-презентация
10.	<p><b>Проблема ОЯТ и основные направления ее решения. Главные стадии процесса обращения с ОЯТ:</b></p> <p>Основные концепции обращения с ОЯТ. Целесообразность переработки отработавшего ядерного топлива. Организация хранения и транспортирования ОЯТ. Подготовительные процессы переработки отработавшего ядерного топлива. Удаление оболочек ТВЭЛ. Растворение топливных сердечников. Волоксияция топлива. Аппаратурное оформление процессов разделения материалов оболочек и</p>	8	Слайд-презентация



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	сердечников ТВЭЛ.		
11.	<p><b>Гидрометаллургические технологии переработки ОЯТ. Осадительные и сорбционные методы переработки ОЯТ:</b></p> <p>Общие принципы построения осадительных технологических схем. Примеры осадительных схем (лантан-сульфатная, ацетатная и другие схемы)</p> <p>Сорбционные методы переработки ОЯТ: общие принципы, иониты и сорбенты, оборудование. Условия применения сорбционных методов.</p>	4	Слайд-презентация
12.	<p><b>Экстракционные методы переработки ОЯТ:</b></p> <p>Общие принципы построения экстракционных схем переработки ОЯТ. Типы применяемых экстрагентов и разбавителей. Механизмы и эффективность экстракционного разделения урана, плутония, трансураниевых элементов, продуктов деления при использовании различных типов экстрагентов. Двухцикловые и трехцикловые экстракционные схемы. ПУРЕКС-процесс: принцип организации процесса, технологическая схема, эффективность. Дальнейшие пути совершенствования ПУРЕКС-процесса. Экстракционная переработка ОЯТ с использованием гексона, бутекса, аминов и других экстрагентов.</p>	4	Слайд-презентация
13.	<p><b>Аффинажная очистка плутония. Получение и применение соединений плутония и металлического плутония:</b></p> <p>Методы аффинажной очистки плутония. Осадительный, экстракционный и сорбционный аффинаж плутония. Свойства, применение и получение оксидов, галогенидов плутония и металлического плутония.</p>	6	Слайд-презентация
14.	<p><b>Неводные методы переработки ОЯТ:</b></p> <p>Классификация неводных методов переработки ОЯТ. Пирометаллургические методы. Галогенидно-возгоночные методы. Перспективы применения неводных методов. Построение технологических схем галогенидно-возгоночной переработки ОЯТ.</p>	4	Слайд-презентация
15.	<p><b>Производство и применение смешанного оксидного (МОХ) уран-плутониевого топлива:</b></p> <p>Общая характеристика и области применения МОХ-топлива. Технология получения смешанного оксидного топлива. Состояние и перспективы развития производства МОХ топлива.</p>	2	Слайд-презентация
16.	<p><b>Производство и применение в атомной энергетике неядерных материалов:</b></p> <p>Графит: применение, свойства, методы получения, объемы производства. Цирконий: применение, свойства, методы</p>	2	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	получения, объемы производства. Материалы, используемые в системах управления и защиты ядерных энергетических установок и для обеспечения ядерной безопасности на объектах ядерного топливного цикла: соединения бора, гадолиния, других элементов; примеры и масштабы использования, методы получения.		
	<b>ИТОГО:</b>	<b>68</b>	

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

Практические занятия/семинары учебным планом не предусмотрены

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы
5.	<b>Осадительные, сорбционные методы концентрирования и очистки урана и тория:</b> Комплексное лабораторное исследование по извлечению урана из руды и его очистке от примесей.	20
	<b>Осадительные, сорбционные методы концентрирования и очистки урана и тория:</b> Сорбционное извлечение урана из сернокислых растворов на анионообменных смолах АВ-17-8 и АМП.	12
7.	<b>Аффинажная очистка урана:</b> Пероксидный осадительный аффинаж урана. Карбонатный аффинаж урана.	8
11.	<b>Гидрометаллургические технологии переработки ОЯТ. Осадительные и сорбционные методы переработки ОЯТ:</b> Лантан-сульфатная схема разделения урана и плутония и их очистки от радионуклидов – продуктов деления ядерного топлива.	12
12.	<b>Экстракционные методы переработки ОЯТ:</b> Экстракционное выделение урана из азотнокислых растворов и его очистка от радионуклидов – продуктов деления ядерного топлива.	12
	<b>ИТОГО:</b>	<b>64</b>

По результатам выполнения лабораторных работ студенты подготавливают отчеты по установленной форме.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
1.	<b>Введение. Основные определения и понятия:</b> Понятие ядерного топливного цикла	2	Тест
2.	<b>Природные радионуклиды. Уран и торий в природе. Общая характеристика свойств урана и тория:</b> Составляющие природного радиационного фона	5	
3.	<b>Общие принципы построения технологических схем получения ядерного топлива:</b> Критерии выбора оптимальных технологических схем	7	Тест
4.	<b>Выщелачивание урана из руд:</b> Аппаратурное оформление процесса выщелачивания	2	Тест
5.	<b>Осадительные, сорбционные методы концентрирования и очистки урана и тория:</b> Преимущества и недостатки осадительных и сорбционных методов	2	
6.	<b>Экстракционные методы концентрирования и очистки урана и тория:</b> Аппаратурное оформление экстракционных процессов	4	
7.	<b>Аффинажная очистка урана:</b> Требования к показателям очистки	4	Тест
8.	<b>Получение соединений урана и металлического урана. Обогащение урана по урану-235. Технология тория и его соединений:</b> Преимущества и недостатки ториевого топливного цикла	2	Опрос
9.	<b>Общая характеристика ядерного топлива и основы реакторных процессов:</b> Роль реакторов на быстрых нейтронах в формировании топливной базы ЯТЦ	4	Тест
10.	<b>Проблема ОЯТ и основные направления ее решения. Главные стадии процесса обращения с ОЯТ:</b> ОЯТ как сырьевой ресурс	4	
11.	<b>Гидрометаллургические технологии переработки ОЯТ. Осадительные и сорбционные методы переработки ОЯТ:</b> Достоинства и недостатки осадительных и сорбционных методов переработки ОЯТ	2	
12.	<b>Экстракционные методы переработки ОЯТ:</b> Обращение с радиоактивными отходами переработки ОЯТ	4	
13.	<b>Аффинажная очистка плутония. Получение и применение соединений плутония и металлического плутония:</b> Особенности поведения металлического плутония при повышенных температурах	6	Тест
14.	<b>Неводные методы переработки ОЯТ:</b> Достоинства и недостатки неводных методов переработки	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
	ОЯТ		
15.	<b>Производство и применение смешанного оксидного (МОХ) уран-плутониевого топлива:</b> Международное сотрудничество в производстве МОХ	4	
16.	<b>Производство и применение в атомной энергетике неядерных материалов:</b> Производство циркония и сплавов на его основе, производство графита, производство бериллия.	8	Опрос
	<b>ИТОГО:</b>	<b>66</b>	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов на занятиях по подготовке курсовой самостоятельной работы, а также в процессе защиты отчетов, подготовленных по результатам выполнения 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>.

Перечень методических указаний к практикуму приведен в списке основной литературы.

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

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета (7 семестр) и экзамена (8 семестр).

К сдаче экзамена и зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен и зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче зачета студент получает три теоретических вопроса, время подготовки студента к ответу – до 20 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Химические свойства урана.</li> <li>2. Концентрирование урана и тория методом ионного обмена.</li> <li>3. Изотопное обогащение урана</li> </ol>

При сдаче экзамена студент получает три теоретических вопроса для проверки знаний из перечня (см. Прил. 1), время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин. Пример варианта вопросов на экзамене:

Билет № 1

1. Распространенность урана и тория в природе. Радиоактивные ряды.
2. Накопление плутония в ядерном топливе в процессе работы реактора.
3. Экстракционные методы переработки облученного ядерного топлива с использованием трибутилфосфата.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

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

**а) основная литература:**

1. Копырин, А. А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива : учебное пособие для студентов вузов по спец. "Химическая технология материалов современной энергетики" / А. А. Копырин, А. И. Карелин, В. А. Карелин. - М. : ЗАО "Изд-во Атомэнергоиздат", 2006. - 576 с.
2. Прояев, В. В. Обеспечение радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами в учебной лаборатории : Методические указания к лабораторным работам / В. В. Прояев ; СПбГТИ(ТУ). - СПб. : 2012. - 30 с. (ЭБ)
3. Прояев, В. В. Приготовление и измерение радиоактивных препаратов: Методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев; СПбГТИ(ТУ). - СПб.: 2012. - 36 с. (ЭБ)
4. Прояев, В. В. Изучение ионообменной адсорбции методом радиоактивных индикаторов : методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев ; СПбГТИ(ТУ). - СПб.: 2012. - 30 с. (ЭБ)
5. Прояев, В. В. Отделение стронция-90 от дочернего иттрия-90 осаждением сульфата стронция: Методические указания к лабораторной работе/ В. В. Прояев, А. А. Акатов; СПбГТИ(ТУ). - СПб.: 2013. - 30 с. (ЭБ)
6. Прояев, В. В. Использование радионуклидов стронций-90 и иттрий-90 для изучения экстракции стронция и иттрия ди-(2-этилгексил) фосфорной кислотой: Методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев; СПбГТИ(ТУ). - СПб.: 2013. - 23 с. (ЭБ)
7. Прояев, В.В. Технологии реабилитации загрязненных территорий и промышленных площадок: учебное пособие /В.В. Прояев; СПбГТИ(ТУ) – СПб.: 2010. – 164 с.
8. Рылов, М. И. В мире дозообразующих радионуклидов: Справочно-информационное издание / М. И. Рылов, М. Н. Тихонов; Межотраслевой экспертно-сертификац. науч.-техн. и контрол. центр ядер. и радиац. безопасности РЭСцентр. – СПб.: РЭСцентр, 2011. - 243 с.

**б) дополнительная литература**

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523 – 09. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. - 100 с.
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. —83 с.

3. Персинен, А. А. Атомы для мира: прошлое, настоящее, будущее. Учебное пособие / А. А. Персинен ; СПбГТИ(ТУ). - СПб : 2012. - 183 с. (ЭБ)
4. Колесников, С. В. Радиоэкология: Учебное пособие для заочного обучения спец. «Инженерная защита окружающей среды» / С. В. Колесников; СПбГТИ(ТУ). - СПб.: 2010. - 115 с. (ЭБ)

#### **в) вспомогательная литература**

1. Шведов, В. П. Ядерная технология. / В. П. Шведов, В. М. Седов, И. Л. Рыбальченко, И.Н. Власов. – М. : Атомиздат, 1979. – 336 с.
2. Технологии обеспечения радиационной безопасности на объектах с ЯЭУ / В. А. Василенко [ и др. ] ; под общ. ред. В. А. Василенко. – СПб. : ООО "НИЦ «Моринтех»", 2010. – 576 с
3. Копырин, А. А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива: учебное пособие для студентов вузов по спец. "Химическая технология материалов современной энергетики" / А. А. Копырин, А. И. Карелин, В. А. Карелин. - М. : ЗАО "Изд-во Атомэнергоиздат", 2006. - 576 с.
4. Громов, Б. В. Введение в химическую технологию урана. / Б. В. Громов. – М. : Атомиздат, 1978. – 336 с.
5. Громов, Б. В. Химическая технология облученного ядерного топлива. / Б. В. Громов, В. И. Савельева, В. Б. Шевченко. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 352 с.
6. Герасимов, В. В., Материалы атомной техники. / В. В. Герасимов, А. С. Монахов. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
7. Землянухин, В. И. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. / В. И. Землянухин [ и др. ]. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 290 с.
8. Судариков, Б. И. Процессы и аппараты урановых производств. / Б. И. Судариков, Э. Г. Раков. – М. : Машиностроение, 1979. – 383 с.
9. Агеенков, А. Т. Подготовка облученного ядерного топлива к химической переработке. / А. Т. Агеенков, Э. А. Ненарокомов, В. Ф. Савельев. – М. : Энергоатомиздат. – 128 с.
10. Синев, Н. М. Экономика ядерной энергетики. Основы технологии и экономики производства ядерного топлива. Экономика АЭС. / Н. М.Синев. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
11. Ширяев, Ф. Э. Охрана окружающей среды на предприятиях атомной промышленности. / Ф. Э. Ширяев [ и др. ] ; Под ред. Б. Н. Ласкорина. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 144 с.

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

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы размещены на медиапортале СПбГТИ(ТУ). – Режим доступа: <http://media.technolog.edu.ru>.
2. Федеральный закон «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 11.07.2011 N 190-ФЗ (последняя редакция). – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_116552/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116552/)
3. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Т. 2. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России; под общ. ред. Л.А. Большова, О.В. Крюкова, Н.П. Лаверова, И.И. Линге. – М.: Изд-во ГК «Росатом», 2013. – 392 с. – Режим доступа: <http://www.ibrae.ac.ru/docs/Monografii/tom2%20sq.pdf>.

4. СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)» (действ. ред.). – Режим доступа: <http://base.garant.ru/4178777/>.
5. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами: Учебное пособие. – Вена: Международное агентство по атомной энергии, IAEA-TCS-27, 2005. – 230 с. – Режим доступа: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TCS-27\\_R\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TCS-27_R_web.pdf).
6. Сайт Федерального государственного унитарного предприятия «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО». – Режим доступа: <http://rosrao.ru>.
7. Сайт Федерального государственного унитарного предприятия «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами». – Режим доступа: <http://www.norao.ru>.
8. Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>.
9. Интерактивная база данных SpringerLink. – Режим доступа: <https://link.springer.com>.
10. Интерактивная база данных Web of Knowledge. – Режим доступа: <http://apps.webofknowledge.com>.
11. Сайт федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности». Режим доступа: <http://www1.fips.ru>.
12. Сайт Европейского патентного ведомства. – Режим доступа: <http://worldwide.espacenet.com>.
13. База данных Международной ядерной информационной системы INIS. – Режим доступа: <https://www.iaea.org/inis>.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

ответственное 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 / соц. сетей.

### **10.2. Программное обеспечение**

Microsoft Power Point

### **10.3. Информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

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

Для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, курсовых работ (проектов) используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных занятий используются компьютерные презентации, видеоматериалы и учебные фильмы, демонстрируемые на экране при помощи персонального компьютера (ноутбука), мультимедийного проектора и аудиокколонок.

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены необходимым лабораторным оборудованием: комплектом радиометрической аппаратуры, включающим сцинтилляционные счетчики бета-частиц со свинцовыми домиками и пересчетными устройствами, а также стандартным набором лабораторного оборудования / посуды. Помещения, в которых выполняются лабораторные работы, включены в необходимые разрешительные документы (лицензию, санитарно-эпидемиологическое заключение), санкционирующие обращение с источниками ионизирующего излучения в открытом виде. Лаборатории оборудованы средствами контроля радиоактивного загрязнения (рук, спецодежды, рабочих поверхностей), аварийным постом и емкостями для сбора твердых и жидких радиоактивных отходов.

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

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 основных материалов современной энергетики. Часть 1»**

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

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-1	способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	промежуточный
ПК-1	способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	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	начальный
ПК-3	способностью анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию	промежуточный
ПК-20	способностью к разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	<b>Знание</b> этапов развития отечественной и зарубежной ядерной физики, атомной энергетики и промышленности, основных технологических переделов и их взаимосвязи в ЯТЦ. <b>Умение</b> формулировать представление о ЯТЦ различного типа. <b>Владение</b> основными определениями и понятиями прикладной ядерной физики, прикладной и теоретической радиохимии, знаниями о современном состоянии и перспективах развития ядерного комплекса в Российской Федерации и за рубежом.	Правильные ответы на вопросы к № 1-5, 12, 47, 58, 62, 63, 71	ОПК-1 ПК-1 ПК-20

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 2	<p><b>Знание</b> информации о природных радионуклидах, радиоактивных рядах, о формах нахождения урана и тория в природе.</p> <p><b>Умение</b> дать характеристику физических и химических свойств урана и тория, их соединений.</p> <p><b>Владение</b> информацией о типах месторождений урана и тория, о минерально-сырьевых запасах, основных минералах урана и тория.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 3, 4, 10, 11, 23, 69, 70	ОПК-1 ПК-1 ПК-2
Освоение раздела № 3	<p><b>Знание</b> общих принципов построения технологических схем получения ядерного топлива, основных обязательных стадий процесса (переделов).</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать отдельные стадии и в целом процесс получения ядерного топлива на основе урана и тория.</p> <p><b>Владение</b> знаниями о типовых промышленных схемах производства ядерного топлива, о технико-экономической оценке отдельных переделов и схем в целом.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 5, 17-20, 31-43, 63, 74-78, 81-89	ПК-1 ПК-2 ПК-3
Освоение раздела № 4	<p><b>Знание</b> классификации урановых руд, рудоподготовительных операций (дробление и измельчение руд, обогащение руд: классификация технологий, принцип их реализации, оборудование), физико-химических основ процесса выщелачивания.</p> <p><b>Умение</b> обосновать режимы выщелачивания урана из руд различными методами – автоклавным выщелачиванием, подземным выщелачиванием, кучным выщелачиванием.</p> <p><b>Владение</b> информацией о текущем состоянии и о планах развития технологий выщелачивания урана из руд в РФ и за рубежом.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 3, 4, 6-11, 30, 64-70	ПК-1 ПК-3
Освоение раздела № 5	<p><b>Знание</b> теоретических основ гидрометаллургических процессов (осаждения, сорбции, экстракции), применяемых в урановой промышленности.</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать принципиальные схемы технологических процессов, осуществлять обоснованный выбор технологических переделов, рассчитывать и подбирать технологическое оборудование.</p> <p><b>Владение</b> знаниями о классификации и основных свойствах ионитов, сорбентов,</p>	Правильные ответы на вопросы к № 10,11, 15-20, 30, 69, 70, 74-78	ПК-1 ПК-2 ПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	применяющихся в технологии ядерного топлива, знаниями о практической реализации процессов сорбции урана из растворов и рудных пульп.		
Освоение раздела № 6	<p><b>Знание</b> основных понятий, характеристик и закономерностей экстракционных процессов</p> <p><b>Умение</b> подбирать и рассчитывать экстракционное оборудование: смесители отстойники, экстракционные колонны, центробежные экстракторы и др. Разрабатывать технологические схемы для экстракционного концентрирования и очистки целевых компонентов, например, урана и тория.</p> <p><b>Владение</b> экстракционными методами концентрирования и очистки урана и тория, методиками выбора экстрагентов, разбавителей, высаливателей, реэкстрагентов, знаниями в области классификации экстрагентов, механизмов протекания экстракции и реэкстракции.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 16, 18, 21, 23, 74, 76, 78, 80	ПК-2
Освоение раздела № 7	<p><b>Знание</b> целей и задач аффинажной очистки урана.</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать и обосновывать технологические схемы осадительного (пероксидного, оксалатного, карбонатного), сорбционного, экстракционного аффинажа урана, рассчитывать и подбирать технологическое оборудования для проведения аффинажа урана</p> <p><b>Владение</b> принципами разработки и организации промышленных процессов аффинажной очистки урана.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 3, 10, 11, 15-22, 69, 70	ПК-1 ПК-2
Освоение раздела № 8	<p><b>Знание</b> основ получения и применения металлического урана основных «промышленных» соединений урана: оксидов урана, сульфатов, карбонатов, фторидов, оксалатов, других солей урана и металлического урана; основ процесса разделения изотопов урана; процессов получения ядерного топлива на основе уран и на основе тория; технологических взаимосвязей отдельных стадий уран-плутониевого и торий-уранового ядерного топливного цикла.</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать аппаратное</p>	Правильные ответы на вопросы к № 21-23, 35-37, 79, 80	ПК-2 ПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>оформление процессов получения металлических урана и тория, соединений урана и тория. Рассчитывать и подбирать необходимое технологическое оборудование.</p> <p><b>Владение</b> общими принципами разработки технологических схем производства ядерного топлива для реакторов различного типа: РБМК, ВВЭР, БН.</p>		
Освоение раздела № 9	<p><b>Знание</b> общих характеристик ядерного топлива и основ реакторных процессов: замедление нейтронов, захват нейтронов ядрами урана, трансурановых элементов, приводящих к делению ядер. Нарботка тяжелых (трансурановых) элементов в активной зоне реактора. Управление ядерным реактором.</p> <p><b>Умение</b> определять состав отработавшего ядерного топлива в зависимости от глубины выгорания ядерного топлива; осуществлять прогноз удельной активности ядерного топлива в зависимости от продолжительности облучения в реакторе и выдержки после извлечения из реактора.</p> <p><b>Владение</b> терминами и понятиями в области физики ядерных реакторов; знаниями о подборе материалов ядерного топлива и оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) для реакторов различного типа.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 13, 14, 24-29, 47, 72, 73	ПК-1 ПК-2 ПК-20
Освоение раздела № 10	<p><b>Знание</b> основных концепций обращения с отработавшим ядерным топливом, основных технологических стадий процесса обращения с ОЯТ.</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать и обосновывать аппаратное оформление технологических процессов хранения и транспортирования ОЯТ, растворения топлива, оксидации и подготовки технологических растворов к дальнейшей переработке.</p> <p><b>Владение</b> информацией о современном состоянии проблемы радиохимической переработки ОЯТ.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 21, 44-58	ПК-2 ПК-3 ПК-20
Освоение раздела № 11	<p><b>Знание</b> основ гидрометаллургических технологий переработки ОЯТ. Осадительные и сорбционные методы переработки ОЯТ: Общие принципы построения осадительных технологических схем. Примеры</p>	Правильные ответы на вопросы к № 14, 47-57, 73	ПК-1 ПК-20

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>осадительных схем: лантан-сульфатная, лантан-фторидная, ацетатная и др.</p> <p><b>Умение</b> проводить расчеты осадительного и сорбционного оборудования, применяемого для переработки ОЯТ, формулировать условия применения осадительных и сорбционных методов, осуществлять правильный выбор осадителей и сорбентов, условий их использования.</p> <p><b>Владение</b> общими принципами построения осадительных и сорбционных технологических схем.</p>		
Освоение раздела № 12	<p><b>Знание</b> Экстракционных методов переработки ОЯТ, общих принципов построения экстракционных схем переработки ОЯТ, типов применяемых экстрагентов и разбавителей, механизмов и эффективности экстракционного разделения урана, плутония, трансураниевых элементов, продуктов деления при использовании различных типов экстрагентов.</p> <p><b>Умение</b> проводить расчет единичного экстрактора и экстракционного каскада.</p> <p><b>Владение</b> базисной информацией, необходимой для построения двух- и трехцикловых экстракционных схем ПУРЕКС-процесса.</p>	Правильные ответы на вопросы к № 3, 14, 16, 18, 21, 39, 47-52, 54-58, 73	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
Освоение раздела № 13	<p><b>Знание</b> основных закономерностей осадительного, экстракционного и сорбционного аффинажа плутония; свойств и методов получения металлического плутония, его сплавов и соединений.</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать технологические схемы получения металлического плутония и его соединений.</p> <p><b>Владение</b> информацией о способах применения плутония, в том числе об использовании плутония для изготовления МОХ-топлива</p>	Правильные ответы на вопросы к № 13, 26, 38-43, 72	ПК-1 ПК-2 ПК-3
Освоение раздела № 14	<p><b>Знание</b> классификации неводных методов переработки ОЯТ, физико-химических свойств соединений урана, плутония, радиоактивных и стабильных нуклидов других элементов, входящих в состав ОЯТ, которые используются для создания неводных методов переработки ОЯТ.</p> <p><b>Умение</b> разрабатывать технологические</p>	Правильные ответы на вопросы к № 42-45	ПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	схемы с использованием неводных (пирометаллургических, галогенидно-возгоночных и других) методов переработки ОЯТ. <b>Владение</b> навыками анализа эффективности использования индивидуальных методов неводной переработки ОЯТ и их сочетания с водными методами в т.н. «гибридных» схемах переработки ОЯТ.		
Освоение раздела № 15	<b>Знание</b> основ технологий изготовления смешанного топлива <b>Умение</b> разрабатывать технологические схемы, подбирать и конструировать необходимое радиохимическое оборудование. <b>Владение</b> информацией о возможных вариантах использования смешанного топлива на ядерных энергетических и других установках, о способах переработки отработавшего смешанного топлива, о состоянии и перспективах развития производства MOX топлива.	Правильные ответы на вопросы к № 3, 13, 14, 24-26, 39-41, 47, 48, 51, 52, 54, 58, 72, 73	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-20
Освоение раздела № 16	<b>Знание</b> технологий производства неядерных конструкционных и вспомогательных материалов, используемых в атомной энергетике <b>Умение</b> разрабатывать общие схемы изготовления графита ядерного класса, циркония, ниобия, бериллия и других материалов <b>Владение</b> информацией о свойствах указанных выше материалов, о их доступности и потенциале применения в реакторостроении и в атомной энергетике.	Правильные ответы на вопросы к № 59-61	ПК-20

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета.  
Результат оценивания зачета – «зачтено» / «не зачтено».  
Результат оценивания экзамена – балльный.

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

#### Вопросы к экзамену:

##### а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции

###### ОПК-1:

1. Цепная реакция деления. Критическая масса. Ядерные реакции с участием нейтронов. Запоздывающие нейтроны и их роль в поддержании и регулировании процесса деления топлива в реакторе.
2. Общая технологическая схема получения первичного ядерного топлива на основе урана.
3. Общая характеристика продуктов деления ядерного топлива. Выход продуктов деления. Активность продуктов деления.
4. Основные стадии технологического процесса переработки облученного ядерного топлива.

##### б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции

###### ПК-1:

5. Распространенность урана и тория в природе. Радиоактивные ряды.
6. Классификация урановых руд и месторождений. Минералы урана.
7. Химические свойства урана.
8. Химические свойства тория.
9. Методы обогащения урановых руд.
10. Кислотное вскрытие урановых руд.
11. Карбонатное вскрытие урановых руд.
12. Подземное выщелачивание урановых руд.
13. Концентрирование урана и тория методом ионного обмена.
14. Концентрирование урана и тория методом экстракции.
15. Степень (полнота) выгорания ядерного топлива и накопление продуктов ядерных реакций в топливе.

##### б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2:

16. Характеристика ионитов, применяемых в технологии урана.
17. Характеристика экстрагентов, применяемых в технологии урана.
18. Сорбционный аффинаж урана.
19. Экстракционный аффинаж урана.
20. Пероксидный осадительный аффинаж урана.
21. Оксалатный осадительный аффинаж урана.
22. Аппаратурное оформление экстракционных процессов в технологии урана.
23. Аппаратурное оформление сорбционных процессов в технологии урана.
24. Технология тория и его соединения.
25. Ядерные реакции, протекающие в топливе на основе нуклида  $^{235}\text{U}$ .
26. Ядерные реакции, протекающие в топливе на основе нуклида  $^{238}\text{U}$ .
27. Ядерные реакции, протекающие в топливе на основе нуклида  $^{239}\text{Pu}$ .
28. Зашлаковывание и отравление реактора.
29. Энергетический эффект реакции деления. Расчет загрузки ядерного реактора, исходя из его мощности.
30. Технология материалов, применяемых для регулирования мощности реактора.

##### в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:

31. Сорбционное выщелачивание урановых руд.
32. Получение, свойства и применение оксидов урана.
33. Тетрафторид урана, его свойства, получение, применение.
34. Гексафторид урана, его свойства, получение, применение.



35. Изотопное обогащение урана.
36. Методы получения металлического урана.
37. Кальциетермические методы получения урана.
38. Магнетермические методы получения урана.
39. Общая схема аффинажа и металлургии плутония.
40. Экстракционный аффинаж плутония.
41. Сорбционный аффинаж плутония.
42. Осадительный аффинаж плутония.
43. Двоокись плутония. Получение, свойства, применение.
44. Получение металлического плутония.
45. Неводные методы переработки отработавшего ядерного топлива.
46. Фторидно-возгончатая переработка отработавшего ядерного топлива.
47. Окислительно-восстановительные свойства урана, плутония и их значение для технологии переработки отработавшего ядерного топлива.

**г) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-20:**

48. Подготовительные операции по переработке облученного ядерного топлива.
49. Механическая обработка тепловыделяющих элементов.
50. Растворение оболочек тепловыделяющих элементов.
51. Растворение ядерного топлива на основе урана, его сплавов и соединений.
52. Растворение ядерного топлива на основе плутония, его сплавов и соединений.
53. Осадительные методы переработки облученного ядерного топлива. Лантан-сульфатная осадительная схема.
54. Экстракционные методы переработки облученного ядерного топлива с использованием трибутилфосфата.
55. Экстрагенты и оборудование, применяемые в экстракционной переработке отработавшего ядерного топлива.
56. Трехцикловая схема экстракционного разделения трибутилфосфатом урана, плутония, нептуния, продуктов деления.
57. Экстракционная схема с использованием трибутилфосфата для разделения урана, тория, протактиния, продуктов деления.
58. Экологические аспекты деятельности предприятий ядерного топливного цикла.
59. Реакторный графит: свойства, области применения, способы получения.
60. Цирконий и его сплавы: свойства, применение, способы получения.
61. Использование бериллия и его сплавов в ядерной технологии.

**Вопросы к зачету:**

**а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:**

62. Типы ядерного топливного цикла (ЯТЦ). Замкнутый и разомкнутый ЯТЦ. Уран-плутониевый и торий-урановый ЯТЦ.
63. Распространенность урана и тория в природе. Радиоактивные ряды.
64. Классификация урановых руд и месторождений. Минералы урана.
65. Химические свойства урана.
66. Химические свойства тория.
67. Общая технологическая схема получения первичного ядерного топлива на основе урана.
68. Методы обогащения урановых руд.
69. Кислотное вскрытие урановых руд.
70. Карбонатное вскрытие урановых руд.
71. Подземное выщелачивание урановых руд.

72. Концентрирование урана и тория методом ионного обмена.
73. Концентрирование урана и тория методом экстракции.
- б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2:**
74. Характеристика ионитов, применяемых в технологии урана.
75. Характеристика экстратентов, применяемых в технологии урана.
76. Сорбционный аффинаж урана.
77. Экстракционный аффинаж урана.
78. Карбонатный осадительный аффинаж урана.
79. Аппаратурное оформление экстракционных процессов в технологии урана.
80. Аппаратурное оформление сорбционных процессов в технологии урана.
- в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:**
81. Сорбционное выщелачивание урановых руд.
82. Получение, свойства и применение оксидов урана.
83. Тетрафторид урана, его свойства, получение, применение.
84. Гексафторид урана, его свойства, получение, применение.
85. Изотопное обогащение урана.
86. Методы получения металлического урана.
87. Кальциетермические методы получения урана.
88. Магниетермические методы получения урана.
89. Технология тория и его соединения.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена студент получает 3 вопроса из вышеприведенного перечня. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 45 мин.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все запланированные лабораторные работы, подготовившие и защитившие отчеты по ним. При сдаче зачета студент получает комплексную задачу для проверки умений и навыков (см. Прил. 2).

Время подготовки студента к устному ответу – до 20 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.

### Примеры вариантов комплексной задачи

#### Вариант 1.

Разработать принципиальную схему и технологический регламент проведения технологических операций по выделению урана из руды и по его очистке от загрязнений в лабораторных масштабах.

Состав урановой руды:

урансодержащий минерал – карнотит;

вмещающая порода - силикатного типа  $UO_2$   $SiO_2$   $Na_2O$   $Al_2O_3$ ;

примесные металлы – Al (0,6 масс.%), Na (2,9 масс %):

Содержание урана в руде 0,5 масс.%.

#### Вариант 2.

Разработать принципиальную схему и технологический регламент проведения технологических операций по выделению урана из руды и по его очистке от загрязнений в лабораторных масштабах.

Состав урановой руды:

урансодержащий минерал – урановая смолка  $UO_2$   $UO_3$ ;

вмещающая порода - силикатного типа  $UO_2$   $SiO_2$   $Na_2O$   $Al_2O_3$ ;

примесные металлы – Al (1,0 масс.%), Na (3,6 масс %):

Содержание урана в руде 0,5 масс.%.