

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



Рабочая программа дисциплины  
**ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ  
РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ**

(начало подготовки – 2017 год)

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:

**№ 3 Технология теплоносителей и радиозащита ядерных энергетических установок**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **инженерной радиозащиты и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2017

Б1.Б.27.03

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТЧИКИ ПРОГРАММЫ

Профессор, д-р хим. наук \_\_\_\_\_ А.Ф. Нечаев

Ст. преп. \_\_\_\_\_ А.А. Акатов

Рабочая программа дисциплины «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами» обсуждена на заседании кафедры инженерной радиэкологии и радиохимической технологии  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. № \_\_

Зав. кафедрой ИРРТ \_\_\_\_\_ В.А. Доильницын

Рабочая программа дисциплины «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами» 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 .....	8
3. Объем дисциплины.....	8
4. Содержание дисциплины.....	9
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	9
4.2. Занятия лекционного типа .....	10
4.3. Занятия семинарского типа .....	11
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	11
4.3.2. Лабораторные занятия .....	11
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	14
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	15
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	17
10.1. Информационные технологии.....	17
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Информационные справочные системы.....	17
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	18
Приложение № 1. Фонд оценочных средств.....	19
Приложение № 2. Варианты комплексной задачи .....	24

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями: ОК-4, ОПК-2, ПК-4, ПК-8, ПСК-3.2

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОК-4</b>	способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения	<p><b>Знать:</b> определение, классификацию, основные источники образования радиоактивных отходов (РАО); базовые элементы, фундаментальные принципы, нормативные акты обеспечения радиационной безопасности при обращении с РАО; последовательность и сущность основных этапов жизненного цикла РАО.</p> <p><b>Уметь:</b> определять приоритет использования нормативных документов для решения конкретных задач; выбирать оптимальные алгоритмы обращения с РАО с учетом технических и нетехнических факторов; принимать решения на основе критического анализа преимуществ и ограничений используемых процессов и технических средств.</p> <p><b>Владеть:</b> специальным понятийно-терминологическим аппаратом; навыками критического анализа нормативно закреплённых индикаторов безопасности; навыками поиска необходимой нормативно-правовой документации; навыками постановки цели в области безопасного обращения с РАО и выбора путей ее решения.</p>
<b>ОПК-2</b>	способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	<p><b>Знать:</b> научные и технологические основы методов подготовки, переработки и кондиционирования радиоактивных отходов различных типов и категорий; применяемые методы контроля и анализа свойств радиоактивных отходов; принципы работы современного технологического оборудования,</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>используемого или планируемого к использованию в сфере обращения с РАО; сущность и возможности, а также основные характеристики аналитического оборудования, применяемого в ядерной технологии.</p> <p><b>Уметь:</b>  осуществлять обоснованный выбор технологического оборудования для решения конкретных задач;  планировать эксперимент в целях обоснования технологической схемы и анализировать полученные данные.</p> <p><b>Владеть:</b>  навыками проведения исследований с использованием современного оборудования в целях обоснования приемлемости (перспективности) методов и технических средств обращения с РАО;  навыками работы с радиоактивными веществами и закрытыми источниками ионизирующих излучений;  навыками неукоснительного и точного соблюдения правил радиационной безопасности;  навыками оценки радиационной обстановки и адекватного реагирования на нештатные ситуации.</p>
<b>ПК-4</b>	<p>способностью принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды</p>	<p><b>Знать:</b>  основные требования законов и федеральных норм и правил в области радиационной безопасности и защиты окружающей среды;  методологию и инструменты анализа безопасности ядерных и радиационно опасных объектов;  особенности и ограничения методов и технических средств, используемых или планируемых к использованию в области обращения с РАО и промышленными отходами с техногенно повышенным содержанием природных радионуклидов.</p> <p><b>Уметь:</b>  осуществлять обоснованный выбор процессов, аппаратов и алгоритмов переработки, кондиционирования, хранения</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>и окончательной изоляции РАО с учетом возможных последствий принятых решений для радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды.</p> <p><b>Владеть:</b>  навыками сравнительного анализа альтернативных технических решений по критериям безопасности, экономичности и надежности;  навыками отбора и обоснования таких технических решений, применение которых на данном этапе жизненного цикла РАО не исключало бы разумных альтернатив на последующих стадиях;  навыками оценки долговременных последствий принятых решений для населения и окружающей среды.</p>
ПК-8	<p>готовностью использовать действующие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности</p>	<p><b>Знать:</b>  принципиальные требования нормативных документов по ядерной и радиационной безопасности и основные индикаторы безопасности, закрепленные в них (пределы доз для персонала и населения; допустимые дозы, связанные с ядерно-технологической деятельностью и др.).</p> <p><b>Уметь:</b>  оценивать радиационную обстановку путем сравнения индикаторов безопасности с измеряемыми величинами;  осуществлять поиск необходимых показателей в нормативных документах.</p> <p><b>Владеть:</b>  навыками культуры безопасности;  навыками неукоснительного и точного выполнения предписаний надзорных органов и объектовых служб радиационной безопасности;  навыками адекватной (в соответствии с занимаемой должностью, должностными обязанностями и уровнем потенциальной опасности) реакции в случае превышения нормативных показателей безопасности.</p>
ПСК-3.2	<p>способностью разрабатывать на атомных электростанциях мероприятия по защите окружающей среды от</p>	<p><b>Знать:</b>  особенности и ограничения методов и технических средств, используемых или планируемых к использованию при</p>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	радионуклидов и оценивать дозовую нагрузку на различные группы населения	<p>обращении с радиоактивными отходами на атомных электростанциях;  методы оценки воздействия РАО на окружающую среду и население;  методы и средства предотвращения распространения радионуклидов в ОС и ликвидации последствий радиоактивного загрязнения.</p> <p><b>Уметь:</b>  оценивать дозовые нагрузки на персонал и различные группы населения;  оценивать удерживающую способность инженерных и природных барьеров распространения радионуклидов;  разрабатывать оптимальные (с позиций долговременной безопасности) сценарии и технологическое обеспечение обращения с РАО на АЭС.</p> <p><b>Владеть:</b>  навыками неукоснительного и точного соблюдения правил радиационной безопасности;  способностью разрабатывать мероприятия по защите окружающей среды и населения от воздействия высокоэнергетической радиации;  навыками оценки радиационной обстановки и оперативного реагирования на нештатные ситуации.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами» (Б1.Б.27.03) относится к дисциплинам специализации базовой части программы, и изучается на 5 курсе, в 9 и 10 семестрах.

Целью освоения дисциплины является базовая подготовка инженера (радиохимика-технолога) к проведению исследований и осуществлению организационной и технической деятельности в области безопасного обращения с радиоактивными отходами.

Изучение дисциплины «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами» основывается на знании студентами материалов следующих дисциплин: «Радиохимия», «Основы ядерной физики и дозиметрии», «Материалы и оборудование ЯЭУ», «Технология основных материалов современной энергетики», «Процессы и аппараты химической технологии», «Радиационная безопасность в области использования атомной энергии», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок», «Организация, технология и экономика вывода из эксплуатации ЯРООО», 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	
		9	10
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	8 / 288	4 / 144	4 / 144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	144	54	90
занятия лекционного типа	36	36	--
занятия семинарского типа, в т.ч.	108	18	90
семинары, практические занятия	18	18	--
лабораторные работы	90	--	90
курсовое проектирование (КР или КП)	--	--	--
КСР	--	--	--
другие виды контактной работы	--	--	--
<b>Самостоятельная работа</b>	90	36	54
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	--	--	--
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экз. (54), зач.	Экз. (54)	Зач.

#### 4. Содержание дисциплины

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение в предмет	2	-	-	14	ОК-4
2.	Классификация РАО	2	4	-	12	ПК-8
3.	Регулирование безопасности обращения с РАО	2	2	-	10	ОК-4 ПК-8
4.	Этапы и алгоритмы выбора технологии обращения с РАО	2	4	-	12	ОК-4 ПК-4 ПСК-3.2
5.	Технологии переработки жидких РАО низкого и среднего уровня активности	8	4	66	24	ОПК-2 ПК-4 ПСК-3.2
6.	Кондиционирование радиоактивных концентратов низкого и среднего уровня активности	8	2	12	-	ОПК-2 ПК-4 ПК-8 ПСК-3.2
7.	Переработка и кондиционирование твердых РАО низкого и среднего уровня активности	6	2	12	12	ПК-4 ПК-8 ПСК-3.2
8.	Технологии обращения с высокоактивными отходами	4	-	-	-	ПК-4 ПК-8
9.	Окончательная изоляция РАО	2	-	-	6	ОК-4 ПК-4 ПК-8 ПСК-3.2
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	<b>Введение в предмет:</b> понятийно-терминологический аппарат; основные источники образования и некоторые важные характеристики РАО	2	Слайд-презентация
2.	<b>Классификация РАО:</b> по удельной активности; по периоду распада радионуклидов; по агрегатному состоянию; по содержанию ядерных материалов; по признаку собственности; по соотношению рисков и затрат при различных стратегиях обращения. Классификация удаляемых РАО в целях тарификации их «захоронения».	2	Слайд-презентация
3.	<b>Регулирование безопасности обращения с РАО:</b> фундаментальные принципы безопасности; законодательно-нормативная база; структура, функциональные обязанности и полномочия органов государственного регулирования.	2	Слайд-презентация
4.	<b>Этапы и алгоритмы выбора технологии обращения с РАО:</b> предподготовка, переработка, кондиционирование, промежуточное хранение, транспортирование, окончательная изоляция. Нетехнические факторы.	2	Слайд-презентация
5.	<b>Технологии переработки жидких РАО низкого и среднего уровня активности:</b> осадительные методы; упаривание; ионный обмен; электродиализ; гиперфильтрация; ультрафильтрация. Особенности и ограничения процессов переработки.	8	Слайд-презентация
6.	<b>Кондиционирование радиоактивных концентратов низкого и среднего уровня активности:</b> цементирование; битумирование; витрификация; инкапсулирование в полимерные матрицы; керамизация	8	Слайд-презентация
7.	<b>Переработка и кондиционирование твердых РАО низкого и среднего уровня активности:</b> общая схема; фрагментация; компактирование; переплав; инсинерация	6	Слайд-презентация
8.	<b>Технологии обращения с высокоактивными отходами:</b> хранение; сокращение объема упариванием; кальцинация; витрификация; включение в минералоподобные матрицы	4	Слайд-презентация
9.	<b>Окончательная изоляция РАО:</b> типы хранилищ; методология и инструменты анализа безопасности	2	Слайд-презентация
	<b>ИТОГО:</b>	<b>36</b>	

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2.	<b>Особенности российской системы категорирования радиоактивных отходов:</b> существующие неопределенности, недостаток системности и координации при разработке нормативных актов; несогласованность граничных условий категорирования ОНАО; парадоксы категорирования отходов, содержащих природные радионуклиды.	4	Групповая дискуссия
3.	<b>Роль и значимость федерального закона №190-ФЗ от 11.07.2011 «Об обращении с радиоактивными отходами...»</b>	2	
4.	<b>Минимизация темпов образования РАО:</b> технические и организационно-управленческие решения.	4	
5.	<b>Переработка жидких РАО:</b> методы предотвращения пено- и накипеобразования; кинетика ионного обмена; характеристики качества обратноосмотических мембран.	2	
	<b>Переработка органических РАО:</b> источники образования; обзор термических и нетермических методов «обезвреживания».	2	
6.	<b>Цементирование радиоактивных концентратов:</b> критерии качества цементных компаундов; факторы, влияющие на свойства компаундов и способы повышения их качества.	2	
7.	<b>Сжигание ТРО:</b> особенности и преимущества шахтной печи ФГУП «Радон» с плазменно-топливным нагревом. Дезактивация ТРО.	2	Групповая дискуссия
	<b>ИТОГО:</b>	<b>18</b>	

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы
5.	<b>Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ путем соосаждения с гидроксидом железа (III). Изучение зависимости коэффициента очистки от состава водного раствора (10 г/кг натрия нитрата, 1 г/кг натрия нитрата, 1 г/кг Трилона Б и др.).	12

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы
	<b>Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ путем соосаждения с фосфатом кальция. Изучение зависимости коэффициента очистки от состава водного раствора (10 г/кг натрия нитрата, 1 г/кг натрия нитрата, 1 г/кг Трилона Б и др.).	12
	<b>Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{137}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ путем соосаждения с гидроксидом железа (III) с добавкой сорбентов (вермикулита или глинистых минералов).	6
	<b>Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{137}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ путем сорбции в статическом режиме на вспученном вермикулите.	6
	<b>Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{137}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ путем сорбции в статическом режиме на сорбенте «Термоксид-35». Изучение зависимости коэффициента очистки от состава водного раствора (1 г/кг калия нитрата, 1 г/кг натрия нитрата, pH 1, pH 12; и др.).	12
	<b>Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ путем сорбции в статическом режиме на сорбенте «Термоксид-3А». Изучение зависимости коэффициента очистки от состава водного раствора (1 г/кг кальция хлорида, 1 г/кг натрия нитрата, pH 7, pH 11; и др.).	12
	<b>Экстракционные методы очистки жидких радиоактивных отходов:</b> очистка водного раствора от $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ путем экстракции в статическом режиме при помощи ди-2-этилгексилфосфорной кислоты.	6
6.	<b>Цементирование радиоактивных отходов и определение скорости выщелачивания:</b> цементирование водного раствора $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ , определение скорости выщелачивания.	12
7.	<b>Дезактивация радиоактивно загрязненных грунтов:</b> очистка песка, загрязненного $^{137}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ (или $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ , или $^{60}\text{Co}$ ) путем кислотной промывки растворами соляной кислоты.	12
	<b>ИТОГО:</b>	<b>90</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.	Сущностное отличие понятий «радиоактивные материалы» и «радиоактивные отходы»; «хранение РАО» и «захоронение (окончательная изоляция) РАО»; «обращение с РАО» и «утилизация». Предельно допустимые концентрации (г/кг) химически токсичных и радиоактивных элементов в воде (согласно требованиям радиоактивных элементов с пересчетом удельной активности радионуклидов в массовую концентрацию). Уровень требований к методам переработки жидких РАО. Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>групповой дискуссии</b> на практических занятиях по разделу дисциплины № 2.	14	КСР не предусмотрен учебным планом
2.	«Очень низкоактивные отходы (ОНАО)» и «очень низкоактивные радиоактивные отходы (ОНРАО)» - мотивация введения категорий; смысловая обоснованность разделения на два подкласса; противоречия с подзаконным актом Правительства РФ и законом №190-ФЗ (в части обращения с отходами, содержащими природные радионуклиды). Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>групповой дискуссии</b> на практических занятиях по разделу дисциплины № 2.	12	
3.	Иерархия законодательных и нормативных актов, регулирующих безопасность обращения с РАО; ее следствия. Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>устного опроса</b> на практических занятиях по разделу дисциплины № 3.	10	
4.	Роль и значимость нетехнических факторов при выборе технологии обращения с РАО. Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>устного опроса</b> на практических занятиях по разделу дисциплины № 4.	12	
5.	Правила безопасности при проведении лабораторных и промышленных работ по сокращению объема и изменению физико-химических характеристик жидких радиоактивных сред. Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>устного опроса</b> на практических и лабораторных занятиях по разделу дисциплины № 5.	16	
	Производительность и энергоемкость электродиализной установки как функция количества парных ячеек. Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>устного опроса</b> на практических занятиях по разделу дисциплины № 5.	8	
7.	Методы дезактивации радиоактивных материалов и изделий до уровней, допускающих их повторное использование – область применения, преимущества и ограничения. Допустимые удельные активности основных долгоживущих	12	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
	радионуклидов для неограниченного использования металлов и изделий на их основе (ОСПОРБ-99/2010) Результаты самостоятельной работы контролируются в форме <b>групповой дискуссии</b> на практических занятиях по разделу дисциплины № 7.		
9.	Окончательная изоляция жидких НАО и САО в пунктах глубинного захоронения – практика, законодательные ограничения (федеральный закон от 11.07.2011 №190-ФЗ).	6	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>90</b>	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов на практических занятиях, а также 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.technology.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 экзамена (9 семестр) и зачета (10 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 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. Категорирование удаляемых РАО в целях тарификации их захоронения.
2. Переработка ЖРО методом ионного обмена.
3. Антропогенные факторы, влияющие на безопасность захоронения РАО.

При сдаче зачета студент получает комплексную задачу для проверки умений и навыков (см. Прил. 2), время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

**Вариант № 1**

Предложить блок-схему процесса переработки жидких радиоактивных отходов следующего состава:

суммарная удельная активность – 1,5 МБк/кг;

радиохимический состав: кобальт-60 – 40 %, цезий-137 – 40 %, стронций-90 – 15 %, плутоний-239 – 5 %;

солеосодержание (натрия нитрат) – 1,5 г/кг;

Взвеси, ПАВ, комплексообразователи – отсутствуют.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

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

**а) основная литература:**

1. Нечаев, А.Ф. Регулирование и технология «обезвреживания» радиоактивных отходов (справочное пособие) / А.Ф. Нечаев, И.В. Смирнов, В.И. Цветков. – Озерск: НИЯУ МИФИ, 2016. – 175 с.

2. Нечаев, А.Ф. Состояние и особенности российской системы категорирования радиоактивных отходов / А.Ф. Нечаев, В.Г. Поцяпун, Т.Н. Таиров. – СПб: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2015. – 50 с.

3. Винницкий, В.А. Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов / В.А. Винницкий, А.А. Акатов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 16 с.

4. Винницкий, В.А. Цементирование радиоактивных отходов и определение скорости выщелачивания / В.А. Винницкий, А.А. Акатов, А.Г. Михальченко. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 24 с.

5. Акатов, А.А. Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: практикум / А.А. Акатов, Ю.С. Коряковский. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 24 с.

**б) дополнительная литература**

1. Химические проблемы атомной энергетики / Гос. корпорация по атом. энергии "Росатом", НИТИ им. А. П. Александрова. - СПб. : ВВМ, 2012 - Т. 2 : Радиохимический анализ и радиохимические технологии / Под ред. Л. Н. Москвина. - 2013. - 282 с. : ил.

**в) вспомогательная литература**

1. Дмитриев, С.А. Технологические основы системы управления радиоактивными отходами / С.А. Дмитриев, А.С. Баринов, О.Г. Батюхнова. – М.: ГУП МосНПО «Радон», 2007. – 376 с.

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

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы размещены на медиалпорале 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;
- 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 / 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 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 аудиоколонок.

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  
«Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными  
отходами»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ОК-4</b>	способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения	промежуточный
<b>ОПК-2</b>	способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	промежуточный
<b>ПК-4</b>	способностью принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды	промежуточный
<b>ПК-8</b>	готовностью использовать действующие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности	промежуточный
<b>ПСК-3.2</b>	способностью разрабатывать на атомных электростанциях мероприятия по защите окружающей среды от радионуклидов и оценивать дозовую нагрузку на различные группы населения	промежуточный

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

<b>Показатели оценки результатов освоения дисциплины</b>	<b>Планируемые результаты</b>	<b>Критерий оценивания</b>	<b>Компетенции</b>
Освоение раздела № 1	Знание основных источников образования и специфических свойств радиоактивных отходов. Умение обобщать и анализировать информацию. Владение специальным понятийно-терминологическим аппаратом	Правильные ответы на вопросы к № 1-10, 45-48	ОК-4, ПК-8
Освоение раздела № 2	Знание классификации радиоактивных отходов. Умение обосновать собственную позицию по организации обращения с РАО и отстаивать ее в надзорных органах. Владение навыками критического анализа нормативно закрепленных показателей.	Правильные ответы на вопросы к № 41-50	ПК-8

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 3	Знание базовых элементов системы обеспечения безопасности, фундаментальных принципов безопасности, структуры нормативных актов в сфере безопасности, структуры и основных функций / полномочий государственных органов регулирования. Умение ориентироваться в федеральных законах и подзаконных актах по безопасности, определять приоритетность использования нормативных документов для решения конкретных задач. Владение навыками поиска необходимой нормативной документации, навыками отбора и применения нормируемых показателей – индикаторов безопасности.	Правильные ответы на вопросы к № 7-10, 48-50	ОК-4, ПК-8
Освоение раздела № 4	Знание последовательности и сущности основных этапов жизненного цикла РАО. Умение выбирать оптимальные алгоритмы обращения с РАО. Владение навыками анализа информации, выбора путей достижения цели, принятия конкретных технических решений с учетом требований радиационной и экологической безопасности.	Правильные ответы на вопросы к № 1, 2, 8-10, 26-40	ОК-4, ПК-4, ПСК-3.2
Освоение раздела № 5	Знание научных и технологических основ методов переработки жидких РАО. Умение обоснованно выбирать конкретные решения с учетом преимуществ и ограничений используемых технологических приемов. Владение навыками проведения исследований в целях обоснования перспективности того или иного метода переработки жидких РАО с использованием современного аналитического оборудования.	Правильные ответы на вопросы к № 11-25, 28-40	ОПК-2, ПК-4
Освоение раздела № 6	Знание научных и технологических основ методов кондиционирования радиоактивных концентратов. Умение обоснованно выбирать конкретные решения с учетом преимуществ и ограничений используемых методов. Владение навыками проведения исследований с использованием современного оборудования в целях обоснования приемлемости (перспективности) метода переработки кондиционирования концентратов.	Правильные ответы на вопросы к № 19-25, 27-37	ОПК-2, ПК-4, ПК-8, ПСК-3.2

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 7	Знание научных и технологических основ методов переработки и кондиционирования твердых РАО. Умение обоснованно выбирать конкретные решения с учетом преимуществ и ограничений применяемых методов и средств обращения с твердыми РАО. Владение навыками использования нормативных документов в целях обоснования приемлемости метода с учетом требований радиационной безопасности.	Правильные ответы на вопросы к № 27-31, 39, 40, 43-50	ПК-4, ПК-8, ПСК-3.2
Освоение раздела № 8	Знание нормативных требований, научных основ и технологических особенностей обращения с высокоактивными РАО. Умение принимать конкретные технические решения с учетом преимуществ и ограничений используемых процессов и технологических средств. Владение навыками анализа информации, постановки цели и выбора пути ее достижения.	Правильные ответы на вопросы к № 2, 7-10, 33, 37-44	ОК-4, ПК-4, ПК-8, ПСК-3.2
Освоение раздела № 9	Знание условий, критериев и нормативных требований к выбору пунктов окончательной изоляции РАО, классификации ПЗРО, методологии и инструментов анализа безопасности «могильников». Умение ориентироваться в законодательно-правовой базе, регулирующей «захоронение» отходов. Владение навыками оценки безопасности пунктов окончательной изоляции РАО.	Правильные ответы на вопросы к № 2-4, 9, 32, 33, 38-44	ОК-4, ПК-4, ПК-8, ПСК-3.2

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета.

Результат оценивания экзамена – балльный.

Результат оценивания зачета – «зачтено» / «не зачтено».

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

#### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОК-4:**

1. Определение понятия «радиоактивные отходы»; основные источники образования РАО.
2. Классификация радиоактивных отходов по агрегатному состоянию, удельной активности и содержанию ядерных материалов.
3. Понятие «особые» и «удаляемые» РАО.
4. Категорирование удаляемых РАО в целях тарификации их «захоронения».
5. Фундаментальные принципы безопасного обращения с радиоактивными отходами.
6. Структура, функциональные обязанности и полномочия органов государственного регулирования безопасности в сфере обращения с РАО.

7. Основные положения федерального закона «Об обращении с радиоактивными отходами...».

8. Основные этапы обращения с радиоактивными отходами.

9. Базовые нормативные документы, регулирующие обращение с РАО.

10. Принципиальные алгоритмы выбора технологий обращения с РАО.

Нетехнические факторы и их роль.

**б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-2:**

11. Переработка жидких РАО методом соосаждения. Интенсификация осадительных процессов.

12. Классификационная сортировка РАО.

13. Переработка жидких РАО методом упаривания. Типы и характеристики выпарных аппаратов.

14. Переработка жидких РАО методом ионного обмена.

15. Синтетические и природные ионообменные материалы.

16. Переработка жидких РАО методом электролиза. Требования к мембранам.

Область применимости.

17. Переработка жидких РАО методом гиперfiltrации. Преимущества и ограничения технологии.

18. Переработка жидких РАО методом ультраfiltrации. Область применения.

19. Основные методы кондиционирования радиоактивных концентратов. Сравнительные характеристики и области применения.

20. Кондиционирование РАО методом цементирования. Требования к цементным компаундам.

21. Методы повышения качества цементных компаундов.

22. Кондиционирование РАО методом битумирования. Основы технологии псевдоэмульгирования.

23. Керамизация радиоактивных концентратов.

24. Остекловывание отходов низкой и средней активности: преимущества и ограничения метода.

25. Инкапсулирование РАО в полимерные материалы.

**в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4 / ПСК-3.2:**

26. Особенности и основные методы «обезвреживания» органических радиоактивных отходов.

27. Принципы и преимущества сжигания ТРО в шахтной печи с топливно-плазменным нагревом.

28. Технические средства фрагментации твердых РАО.

29. Цели переплава металлических РАО. Устройство электропечи большой емкости.

30. Компактирование твердых РАО. Применяемое оборудование. Коэффициенты сокращения объема.

31. Цели, область применения, методы, преимущества и ограничения дезактивации радиоактивно загрязненных металлов и металлических изделий.

32. Методы упаривания высокоактивных жидких РАО.

33. Устройство и специфические особенности хранилищ высокоактивных жидких РАО.

34. Сравнительные характеристики синтетических и природных ионообменных материалов для переработки жидких РАО.

35. Преимущества и недостатки применения ионообменных фильтров смешанного действия.

36. Зависимость производительности и энергоемкости электродиализаторов от количества парных ячеек.

37. Законодательные ограничения окончательной изоляции жидких РАО в пунктах глубинного захоронения.

38. Мультибарьерная система «захоронения» РАО на примере канадского проекта окончательной изоляции тепловыделяющих элементов с низкой степенью обогащения.

39. Кальцинация высокоактивных жидких РАО: стадии переработки, преимущества и недостатки.

40. Остекловывание высокоактивных РАО в печи непрерывного действия с электронагревом.

**г) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-8 / ПСК-3.2:**

41. Природные факторы, влияющие на безопасность «захоронения» РАО.

42. Антропогенные факторы, влияющие на безопасность «захоронения» РАО.

43. Эволюция системы окончательной изоляции РАО – основные факторы, влияющие на безопасность «могильника».

44. Критерии приемлемости РАО для окончательной изоляции.

45. Основные правила безопасности при проведении исследований и осуществлении промышленной деятельности в области обращения с радиоактивными отходами.

46. Цели и особенности введения категории «очень низкоактивные отходы».

47. Основные черты культуры безопасности как важного элемента обеспечения безопасности при обращении с РАО.

48. Допустимые пределы доз облучения персонала ЯРОО и населения.

49. Понятия «доза», «эффективная доза», «эквивалентная доза» – смысловая нагрузка, корректирующие коэффициенты и единицы измерения.

50. Детерминированные и стохастические эффекты воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты – определения и особенности.

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 30 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.

**Варианты комплексной задачи  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными  
отходами»**

Комплексная задача используется при проведении зачета с целью оценивания результатов формирования компетенции **ПК-4**. На зачете студент получает вариант задачи, содержащий основные характеристики и состав жидких радиоактивных отходов. Основываясь на полученных знаниях, студент должен предложить непротиворечивую блок-схему процесса переработки жидких РАО предложенного состава, учитывая технологические ограничения и требования безопасности. Варианты состава жидких РАО приведены ниже, в таблице.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Удельная активность, кБк/кг	$2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
Радиохимический состав, %													
<sup>54</sup> Mn		10				10				10			
<sup>60</sup> Co	50		30		50		30		50		30		50
<sup>90</sup> Sr	5	15		40	5	15		40	5	15		40	5
<sup>106</sup> Ru		20		15		20		15		20		15	
<sup>131</sup> I	10		15	15	10		15	15	10		15	15	10
<sup>137</sup> Cs	20	25	25		20	25	25		20	25	25		20
<sup>239</sup> Pu		30	25	10		30	25	10		30	25	10	
<sup>241</sup> Am	15		5	20	15		5	20	15		5	20	15
Солесодержание (NaNO <sub>3</sub> ), г/кг	0,1	1	10	0,1	1	10	0,1	1	10	0,1	1	10	0,1
ПАВ, мг/кг	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
Взвеси, мг/кг	0	100	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	0
Комплексообразователи, мг/кг	0	50	50	50	0	0	0	50	50	50	0	0	50
Нефтепродукты, мг/кг	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100

№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Удельная активность, кБк/кг	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^6$
Радиохимический состав												
<sup>54</sup> Mn	10				10				10			
<sup>60</sup> Co		30		50		30		50		30		50
<sup>90</sup> Sr	15		40	5	15		40	5	15		40	5
<sup>106</sup> Ru	20		15		20		15		20		15	
<sup>131</sup> I		15	15	10		15	15	10		15	15	10
<sup>137</sup> Cs	25	25		20	25	25		20	25	25		20
<sup>239</sup> Pu	30	25	10		30	25	10		30	25	10	
<sup>241</sup> Am		5	20	15		5	20	15		5	20	15
Солесодержание (NaNO <sub>3</sub> ), г/кг	1	0,1	1	10	0,1	1	10	0,1	1	10	0,1	1
ПАВ, мг/кг	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
Взвеси, мг/кг	100	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	100
Комплексообразователи, мг/кг	50	0	50	0	0	0	50	50	50	0	0	0
Нефтепродукты, мг/кг	0	0	100	100	0	100	0	100	0	100	0	100