

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 16.11.2023 13:59:48
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
« 28 » января 2021 г.

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

(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация

**Химическая технология теплоносителей
и радиоэкология ядерных энергетических установок**

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.07.03

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		профессор Нечаев А.Ф.
Ст. преп.		Акатов А.А.

Рабочая программа дисциплины «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами» обсуждена на заседании кафедры инженерной радиэкологии и радиохимической технологии протокол от «12» января 2021 № 1
И.о. зав. кафедрой ИРРТ

А.В. Румянцев

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета протокол от «25» января 2021 № 4

Председатель

А.П. Сусла

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.....	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа	8
4.3.1. Семинары, практические занятия	8
4.3.2. Лабораторные занятия	9
4.4. Самостоятельная работа обучающихся	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	14
10.1. Информационные технологии	14
10.2. Программное обеспечение	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	15
Приложение № 1. Фонд оценочных средств	16
Приложение № 2. Варианты комплексной задачи.....	22

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

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

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
<p>ПК-6</p> <p>Способен выполнять научные следования, а также реализовывать их результаты при проведении, разработке и усовершенствовании технологических процессов в обращении с радиоактивно загрязненными средами, материалами и отходами (включая их дезактивацию, переработку, кондиционирования, хранение и захоронение), обеспечивающих безопасность персонала, население и защиту окружающей среды.</p>	<p>ПК-6.3</p> <p>Планирование и выполнение НИР с использованием их результатов при разработке и усовершенствовании технологических процессов «обезвреживания» радиоактивных отходов (включая их окончательную изоляцию) в целях обеспечения гарантий радиационной безопасности человека и окружающей среды.</p>	<p>Знать:</p> <p>источники образования радиоактивных отходов, их свойства, систему категорирования радиоактивных отходов и их классификацию в целях захоронения (ЗН-1), фундаментальные принципы обращения с радиоактивными отходами, нормативно-правовую базу регулирования безопасности, этапы жизненного цикла радиоактивных отходов и алгоритма обращения с ними (ЗН-2).</p> <p>научные и технологические основы переработки и кондиционирования жидких отходов (ЗН-3).</p> <p>методы переработки и подготовки к захоронению твёрдых радиоактивных отходов (ЗН-4).</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять обоснованный выбор организационно управленческих процедур и технологических процессов обезвреживания высокоактивных отходов с учётом истории и источника их образования (У-1).</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками проведения анализа безопасности при выборе и обоснование места размещения и конструкции пунктов окончательной изоляции радиоактивных отходов (Н-1).</p>

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

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

³ Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами» (Б1.В.07.03) относится к дисциплинам специализации (части, формируемой участниками образовательных отношений), 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
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	8 / 288	4 / 144	4 / 144
Контактная работа с преподавателем:	144	54	90
занятия лекционного типа	36	36	--
занятия семинарского типа, в т.ч.	108	18	90
семинары, практические занятия (в т.ч. практическая подготовка)	18 (5)	18 (5)	--
лабораторные работы	90	--	90
курсовое проектирование (КР или КП)	--	--	--
КСР	--	--	--
другие виды контактной работы	--	--	--
Самостоятельная работа	90	36	54
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	--	--	--
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (54), зачёт	Экзамен (54)	Зачёт

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение в предмет	2	-	-	14	ПК-6	ПК-6.3
2.	Классификация РАО	2	4	-	12	ПК-6	ПК-6.3
3.	Регулирование безопасности обращения с РАО	2	2	-	10	ПК-6	ПК-6.3
4.	Этапы и алгоритмы выбора технологии обращения с РАО	2	4	-	12	ПК-6	ПК-6.3
5.	Технологии переработки жидких РАО низкого и среднего уровня активности	8	4	66	24	ПК-6	ПК-6.3
6.	Кондиционирование радиоактивных концентратов низкого и среднего уровня активности	8	2	12	-	ПК-6	ПК-6.3
7.	Переработка и кондиционирование твердых РАО низкого и среднего уровня активности	6	2	12	12	ПК-6	ПК-6.3
8.	Технологии обращения с высокоактивными отходами	4	-	-	-	ПК-6	ПК-6.3
9.	Окончательная изоляция РАО	2	-	-	6	ПК-6	ПК-6.3
	ИТОГО	36	18	90	90		

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1.	Введение в предмет: понятийно-терминологический аппарат; основные источники образования и некоторые важные характеристики РАО	2	Лекция-визуализация
2.	Классификация РАО: по удельной активности; по периоду распада радионуклидов; по агрегатному состоянию; по содержанию	2	Лекция-визуализация

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

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2.	Особенности российской системы категорирования радиоактивных отходов: существующие неопределенности, недостаток системности и координации при разработке нормативных актов; несогласованность граничных условий категорирования ОНАО; парадоксы категорирования отходов, содержащих природные радионуклиды.	4	1	Регламентированная дискуссия
3.	Роль и значимость федерального закона №190-ФЗ от 11.07.2011 «Об обращении с радиоактивными отходами...»	2	-	
4.	Минимизация темпов образования РАО: технические и организационно-управленческие решения.	4	1	
5.	Переработка жидких РАО: методы предотвращения пено- и накипеобразования; кинетика ионного обмена; характеристики качества обратноосмотических мембран.	4	1	
	Переработка органических РАО: источники образования; обзор термических и нетермических методов «обезвреживания».	2	1	
6.	Цементирование радиоактивных концентратов: критерии качества цементных компаундов; факторы, влияющие на свойства компаундов и способы повышения их качества.	2	1	Регламентированная дискуссия
	ИТОГО	18	5	

4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы
5.	Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{90}Sr - ^{90}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
	Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{90}Sr - ^{90}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
	Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ путем соосаждения с гидроксидом железа (III) с добавкой сорбентов (вермикулита или глинистых минералов).	6
	Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ путем сорбции в статическом режиме на вспученном вермикулите.	6
	Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{137}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
	Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{90}Sr - ^{90}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
	Экстракционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: очистка водного раствора от ^{90}Sr - ^{90}Y путем экстракции в статическом режиме при помощи ди-2-этилгексилфосфорной кислоты.	6
6.	Цементирование радиоактивных отходов и определение скорости выщелачивания: цементирование водного раствора ^{90}Sr - ^{90}Y , определение скорости выщелачивания.	12
7.	Дезактивация радиоактивно загрязненных грунтов: очистка песка, загрязненного ^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ (или ^{90}Sr - ^{90}Y , или ^{60}Co) путем кислотной промывки растворами соляной кислоты.	12
	ИТОГО:	90

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.	<p>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.</p> <p>Результаты самостоятельной работы контролируются в форме групповой дискуссии на практических занятиях по разделу дисциплины № 2.</p>	14	КСР не предусмотрен учебным планом
2.	<p>«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).</p> <p>Результаты самостоятельной работы контролируются в форме групповой дискуссии на практических занятиях по разделу дисциплины № 2.</p>	12	
3.	<p>Иерархия законодательных и нормативных актов, регулирующих безопасность обращения с РАО; ее следствия.</p> <p>Результаты самостоятельной работы контролируются в форме устного опроса на практических занятиях по разделу дисциплины № 3.</p>	10	
4.	<p>Роль и значимость нетехнических факторов при выборе технологии обращения с РАО.</p> <p>Результаты самостоятельной работы контролируются в форме устного опроса на практических занятиях по разделу дисциплины № 4.</p>	12	
5.	<p>Правила безопасности при проведении лабораторных и промышленных работ по сокращению объема и изменению физико-химических характеристик жидких радиоактивных сред.</p> <p>Результаты самостоятельной работы контролируются в форме устного опроса на практических и лабораторных занятиях по разделу дисциплины № 5.</p>	16	
	<p>Производительность и энергоемкость электродиализной установки как функция количества парных ячеек.</p> <p>Результаты самостоятельной работы контролируются в форме устного опроса на практических занятиях по разделу дисциплины № 5.</p>	8	
7.	<p>Методы дезактивации радиоактивных материалов и изделий до уровней, допускающих их повторное использование – область применения, преимущества и ограничения.</p> <p>Допустимые удельные активности основных долгоживущих радионуклидов для неограниченного использования</p>	12	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
	металлов и изделий на их основе (ОСПОРБ-99/2010) Результаты самостоятельной работы контролируются в форме групповой дискуссии 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	
	ИТОГО:	90	

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.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 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 %;

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

Взвеси, ПАВ, комплексообразователи – отсутствуют.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Нечаев, А.Ф. Регулирование и технология «обезвреживания» радиоактивных отходов : (справочное пособие) / А. Ф. Нечаев, И. В. Смирнов, В. И. Цветков ; СПбГТИ(ТУ), Озер. технол. ин-т - фил. НИЯУ МИФИ. – Озерск: [б.и.], 2016. – 175 с. ISBN 978-5-905620-23-2.

2. Нечаев, А.Ф. Состояние и особенности российской системы категорирования радиоактивных отходов : (справочно-методическое пособие) / А.Ф. Нечаев, В.Г. Поцяпун, Т.Н. Таиров. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2015. – 49 с. – ISBN 978-5-905240-11-9.

3. Винницкий, В.А. Осадительные методы очистки жидких радиоактивных отходов / В.А. Винницкий, А.А. Акатов ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: 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 ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 24 с.

5. Акатов, А.А. Сорбционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: практикум / А.А. Акатов, Ю.С. Коряковский ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 24 с.

6. Акатов, А.А. Дезактивация радиоактивно загрязненных грунтов: практикум / А.А. Акатов, Ю.С. Коряковский ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2018. – 24 с.

7. Акатов, А.А. Экстракционные методы очистки жидких радиоактивных отходов: практикум / А.А. Акатов, Ю.С. Коряковский ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2018. – 20 с.

8. Химические проблемы атомной энергетики [Текст] : [в 3 т.] / Гос. корпорация по атом. энергии "Росатом", ФГУП "НИТИ им. А. П. Александрова". - Санкт-Петербург : ВВМ, 2013 – .

Т. 2 : Радиохимический анализ и радиохимические технологии / [Л. Н. Москвин и др.] ; под ред. Л. Н. Москвина. – 2013. – 282 с. : ил. – ISBN 978-5-9651-0785-8.

б) электронные издания:

Коряковский, Ю.С. Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения, охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС : Учебное пособие / Ю. С. Коряковский, А. А. Акатов ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. - Санкт-Петербург : [б. и.], 2020. – 60 с. : ил. – // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 25.12.2020). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы размещены на медианортале 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/

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.

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 ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение

Microsoft Power Point

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы

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 учебный 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.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-6	Способен выполнять научные следования, а также реализовывать их результаты при проведении, разработке и усовершенствовании технологических процессов в обращении с радиоактивно загрязненными средами, материалами и отходами (включая их дезактивацию, переработку, кондиционирования, хранение и захоронение), обеспечивающих безопасность персонала, население и защиту окружающей среды.	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-6.3 Планирование и выполнение НИР с использованием их результатов при разработке и усовершенствовании технологических процессов «обезвреживания» радиоактивных отходов (включая их окончательную изоляцию) в целях обеспечения гарантий радиационной безопасности человека и окружающей среды.	Владеет понятийно-терминологический аппаратом, хорошо знают источники образования и специфические свойства радиоактивных отходов, принятую системы категорирование отходов и их классификация в целях захоронения (ЗН-1).	Правильные ответы на вопросы №1-10, 41-50 к экзамену	Путается при ответе на сформулированные в билете вопросы.	Уверенно владеет материалом, но путается при ответе на вопросы на сообразительность.	Правильно, быстро и уверенно отвечает как на вопросы, сформулированные в билете, так и на дополнительные вопросы.
	Хорошо ориентируется в федеральных законах, нормативных актах, регулирующих обращение с радиоактивными отходами, фундаментальных принципах безопасного управления отходами, алгоритмах и этапах жизненного цикла радиоактивных отходов (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №1, 2, 7-10, 26-40, 48-50 к экзамену	В целом отвечает правильно, но путается в деталях.	Хорошо владеет материалом, но требуется наводящие вопросы.	Уверено и правильно отвечает на все поставленные вопросы.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Уверенно владеет данными о технологических основах и методах переработки и кондиционирования жидких радиоактивных отходов (ЗН-3).	Правильные ответы на вопросы №11-25, 27-40 к экзамену	Отвечает на вопросы о технологии переработки и кондиционирования отходов с ошибками.	В целом отвечает правильно, но требуется наводящие вопросы.	Уверено владеет материалом, способен проводить сравнительный анализ и осуществлять рациональный выбор оптимального метода переработки и кондиционирования.
	Хорошо ориентируется в методах переработки и подготовки к захоронению твёрдых радиоактивных отходов (ЗН-4).	Правильные ответы на вопросы №27-31, 39,40, 43-50 к экзамену	Имеет представление об обращении с твёрдыми отходами, но при изложении конкретных технологий допускает ошибки.	Отвечает верно, но требуются наводящие вопросы.	Уверено и правильно отвечать на все поставленные вопросы.
	Понимает и умеет использовать особые требования к обращению с высокоактивными отходами для разработки процедур и процессов их «обезвреживания» (У-1).	Правильные ответы на вопросы №2, 7-10, 33, 37-44 к экзамену	Обладает необходимыми знаниями, но затрудняется с формулировкой ответов.	Материал излагает в целом верно, но путается в критериях принятия решений для обращения с отработавшим топливом реакторов различных типов.	Способен самостоятельно обосновать разумную технологию обращения с высокоактивными отходами.
	Обладает навыками выбора пунктов окончательно изоляции радиоактивных отходов с проведением анализа безопасности «могильников» (Н-1).	Правильные ответы на вопросы №2-4, 9, 32,33, 38-4 к экзамену	Перечисляет условия, критерии и нормативные требования к «могильникам» ошибками.	Отвечает верно, но требуются наводящие вопросы.	Уверенно, правильно и быстро отвечает на все вопросы, сформулированные в билете, и дополнительно вопросы

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета.

Результат оценивания экзамена – бальный.

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

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

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.
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 электродиализа. Требования к мембранам. Область применимости.
17. Переработка жидких РАО методом гиперфильтрации. Преимущества и ограничения технологии.
18. Переработка жидких РАО методом ультрафильтрации. 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.
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 электropечи 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.
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-6**. 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, %													
^{54}Mn		10				10				10			
^{60}Co	50		30		50		30		50		30		50
^{90}Sr	5	15		40	5	15		40	5	15		40	5
^{106}Ru		20		15		20		15		20		15	
^{131}I	10		15	15	10		15	15	10		15	15	10
^{137}Cs	20	25	25		20	25	25		20	25	25		20
^{239}Pu		30	25	10		30	25	10		30	25	10	
^{241}Am	15		5	20	15		5	20	15		5	20	15
Солесодержание (NaNO_3), 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												
^{54}Mn	10				10				10			
^{60}Co		30		50		30		50		30		50
^{90}Sr	15		40	5	15		40	5	15		40	5
^{106}Ru	20		15		20		15		20		15	
^{131}I		15	15	10		15	15	10		15	15	10
^{137}Cs	25	25		20	25	25		20	25	25		20
^{239}Pu	30	25	10		30	25	10		30	25	10	
^{241}Am		5	20	15		5	20	15		5	20	15
Солесодержание (NaNO_3), 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