

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шевчик Андрей Павлович  
Должность: Врио ректора  
Дата подписания: 23.06.2021 14:49:51  
Уникальный программный ключ:  
e1e4bb0d4ab042490a99c40e31641575580ad1a202c444b0f04635f290db7607



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе

Б.В. Пекаревский

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ РАДИОЭКОЛОГИИ**  
(Начало подготовки – 2017 год)

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:

**№ 5 «Радиационная химия и радиационное материаловедение»**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет  
Кафедра

**инженерно-технологический  
радиационной технологии**

Санкт-Петербург  
2016

Б1.В.ДВ.02.02

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		Н.В. Чумак

Рабочая программа дисциплины «Основы радиозащиты» обсуждена на заседании кафедры радиационной технологии  
 протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_  
 Заведующий кафедрой И.В. Юдин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
 протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ № \_\_\_\_  
 Председатель В.В. Прояев

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## Содержание

1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы	04
3	Объем дисциплины	05
4.	Содержание дисциплины	05
4.1.	Разделы дисциплины и виды занятий	05
4.2.	Занятия лекционного типа	06
4.3.	Занятия семинарского типа	09
4.3.1.	Семинары, практические занятия	09
4.3.2.	Лабораторные занятия	10
4.4.	Самостоятельная работа	10
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	11
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	11
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	12
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	12
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	13
10.1.	Информационные технологии	13
10.2.	Программное обеспечение	13
10.3.	Информационные справочные системы	13
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	13
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	13
	Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.	x

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<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> теоретические основы каждого из изученных методов анализа, способы обработки результатов кинетических измерений и оценки погрешностей эксперимента.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать оптимальные методы изучения конкретных объектов и явлений, аппаратуру и способы обработки экспериментальных данных.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения измерений с использованием стандартных приборов и исследовательских установок, приемами и методами вычисления не исключенной систематической и случайной погрешностей обработке результатов аналитических определений.</p>
<b>ПК-10</b>	способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	<p><b>Уметь:</b> применять стандартные и специфические методы физико-химического анализа для решения практических задач;</p> <p><b>Владеть:</b> стандартными и специфическими методами физико-химического анализа материалов современной энергетики.</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы каждого из изученных методов анализа, способы обработки результатов кинетических измерений и оценки погрешностей эксперимента.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Основы радиэкологии» относится к дисциплинам по выбору вариативной части дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.02.02) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы ядерной физики и дозиметрии».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе обучающегося и при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>58</b>
занятия лекционного типа	<b>36</b>
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия	<b>18</b>
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	<b>4</b>
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>50</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	--
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</b>

### 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
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
	Введение. Радиоэкологические проблемы ядерной энергетики	2	2		5	ОПК-2; ПК-10
	Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в России и за рубежом	2			5	ОПК-2; ПК-10
	Роль энергии в развитии цивилизации	2	2		4	ОПК-2; ПК-10
	Энергетика на органическом топливе и перспективы ее развития	2	2		4	ОПК-2; ПК-10
	Ядерная энергетика и ее ресурсы	4	1		4	ОПК-2; ПК-10
	Возобновляемые источники энергии и их	4	1		4	ОПК-2;

	ресурсы					ПК-10
	Основные принципы и нормы радиационной безопасности	4	2		3	ОПК-2; ПК-10
	Уровни облучения населения за счет различных источников ионизирующего излучения	4	2		4	ОПК-2; ПК-10
	Ядерный топливный цикл	4	2		4	ОПК-2; ПК-10
	Виды и особенности воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду	2	1		3	ОПК-2; ПК-10
	Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды от предприятий ЯТЦ	2	1		4	ОПК-2; ПК-10
	Принципы и методы переработки жидких радиоактивных отходов	2	1		3	ОПК-2; ПК-10
	Захоронение радиоактивных отходов. Другие методы утилизации РАО	2	1		3	ОПК-2; ПК-10
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>		<b>50</b>	

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Введение. Радиоэкологические проблемы ядерной энергетики</b> Радиоэкология - раздел общей экологии. Решение радиоэкологических проблем в радиационной технологии; эксплуатация АЭС, ЯЭУ, ЯТУ; транспортирование отработанного ядерного топлива; радиохимическая переработка отработанного ядерного топлива; переработка и захоронение радиоактивных отходов; организация процессов дезактивации оборудования и территорий; ликвидация аварий на объектах атомной энергетики; снятие с эксплуатации АЭС (блоков) и предприятий ЯТЦ; обращение с радиоактивными отходами на предприятиях неядерного цикла; технико-экономические и правовые аспекты решения радиоэкологических проблем	2	Слайд-презентация
2	<b>Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в России и за рубежом</b> Ядерная энергетика мира. Мировое производство энергии. Наиболее мощные АЭС мира. Действующие АЭС в России. Планы строительства АЭС в России и за рубежом. Доля АЭС в производстве электроэнергии в странах мира. Основные направления развития атомной энергетики России на ближайшую перспективу.	2	Слайд-презентация
3	<b>Роль энергии в развитии цивилизации</b> Основные термины энергетики - энергоресурсы, запасы энергоресурсов, энергопотребление, энергопотребность. Аналитические оценки предстоящего роста	2	Слайд-презентация

	энергопотребления. Тенденции влияния развития общественного производства на уровень энергопотребления.		
4	<b>Энергетика на органическом топливе и перспективы ее развития</b> Мировые ресурсы и запасы органического топлива. Изменение структуры топливно-энергетического баланса. Уголь, нефть, газ и их место в топливно-энергетическом балансе. Энергетика России на органическом топливе и ее перспективы. Проблемы органического топлива. Жидкие топлива из угля.	2	Слайд-презентация
5	<b>Ядерная энергетика и ее ресурсы</b> Мировые запасы урана. Перспективные урановые ресурсы (морская вода, земная кора). Эффективность использования урана в современной энергетике на тепловых и быстрых нейтронах. Цены мирового рынка на уран и затраты на его переработку. Термоядерный синтез. Основы процесса. Запасы и ресурсы лития и дейтерия.	4	Слайд-презентация
6	<b>Возобновляемые источники энергии и их ресурсы</b> Потенциальные (валовые) запасы гидроэнергоресурсов. Технический и экономический потенциалы гидроэнергоресурсов. Экономический потенциал гидроэнергоресурсов мира и коэффициент их использования. Гидроэнергетика морских приливов и отливов и ее роль в общем балансе энергопотребностей. Солнечная энергетика. Достоинства и недостатки этого энергоисточника и его роль в общем балансе энергопотребностей. Проблемы использования солнечной энергии, аккумулированной в атмосфере Земли (энергия ветра) и водах мирового океана (энергия морских волн). Геотермальная энергия. Использование в энергетике и коммунальном хозяйстве.	4	Слайд-презентация
7	<b>Основные принципы и нормы радиационной безопасности</b> История разработки и внедрения системы мер и стандартов радиационной защиты. Основные критерии и принципы радиационной защиты. Понятие и расчет поглощенной дозы, эквивалентной дозы, эффективной эквивалентной дозы, коллективной дозы облучения. Нормы радиационной безопасности. Область применения. Основные дозовые пределы лиц из персонала (группа А) и населения. Понятия допустимого и контрольного уровней облучения. Клинические последствия облучения человека.	4	Слайд-презентация
8	<b>Уровни облучения населения за счет различных источников ионизирующего излучения</b> Естественный и техногенный фон. Космическое излучение. Естественные радионуклиды. Уровни облучения от естественных радионуклидов (внешнее и внутреннее облучение). Техногенные источники. Уровни облучения за счет техногенного фона. Медицина. Ядерная энергетика. Угольная энергетика. Глобальные выпадения. Испытание	4	Слайд-презентация

	атомного оружия.		
9	<b>Ядерный топливный цикл</b> Понятие ЯТЦ. Различие между ЯТЦ и топливным циклом на органическом топливе. Характеристика ядерного топлива АЭС. Энергетические способы осуществления цепной реакции и типы реакторов. Схема открытого ЯТЦ с легководным реактором на тепловых нейтронах. Очистка уранового концентрата. Процессы конверсии и разделения изотопов урана. Закрытый ЯТЦ с рециклом урана и плутония.	4	Слайд-презентация
10	<b>Виды и особенности воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду</b> Сходство и различие воздействия ядерного и угольного топливных циклов на окружающую среду. Расход природных ресурсов и химическое загрязнение биосферы предприятиями ЯТЦ. Сравнение воздействия ядерного и угольного топливных циклов по факторам нерадиационного воздействия на биосферу. Воздействие тепловых сбросов АЭС. Тепловая мощность источников энергии, необходимых на различных стадиях ЯТЦ для производства энергии на АЭС. Различие тепловых сбросов АЭС и тепловых электростанций (ТЭС). Характер воздействия тепловых сбросов АЭС на окружающую среду в зависимости от системы охлаждения отработанного пара (прямоточное охлаждение, охлаждение при обратном водообеспечении станции с использованием испарительных градирен, воздушное охлаждение теплоносителя, комбинированные системы охлаждения).	2	Слайд-презентация
11	<b>Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды от предприятий ЯТЦ</b> Урановый рудник и гидрометаллургический завод. Предприятия по конверсии, обогащению и изготовлению топлива. Работа АЭС в технологически нормальном режиме. Транспортирование ядерного топлива. Радиохимическая переработка отработанного ядерного топлива. Переработка и захоронение радиоактивных отходов. Ожидаемые коллективные дозы облучения населения за счет ЯТЦ. Радиоэкологические проблемы радиационных аварий. Международная школа событий на АЭС. Характеристика выбросов радионуклидов в окружающую среду при крупных авариях. Причины и последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС. Радиоэкологическая ситуация в Уральском регионе. Аварии и инциденты на ЛАЭС.	2	Слайд-презентация
12	<b>Принципы и методы переработки жидких радиоактивных отходов</b> Происхождение и классификация жидких радиоактивных отходов, образующихся при производстве и использовании радиоактивных изотопов. Типы радиоактивных отходов (радионуклидный, химический и фазовый составы). Методы очистки: дистилляция, ионный обмен, осадительные	2	Слайд-презентация

	метода, ультрафильтрация и обратный осмос. Применяющиеся технологические схемы. Обращение с ЖРО на предприятиях «Радон» в Московской и Ленинградской области. Цементирование, битумирование и включение в керамику среднеактивных отходов. Свойства продуктов отверждения. Остекловывание высокоактивных отходов с помощью фосфатных и боросиликатных стекол.		
13	<b>Захоронение радиоактивных отходов. Другие методы утилизации РАО</b> Безопасное захоронение радиоактивных отходов - ключевая проблема долговременной защиты окружающей среды. Подходы к захоронению радиоактивных отходов разных типов и уровней активности. Захоронение радиоактивных отходов низкого и среднего уровней активности в приповерхностном и слабо заглубленном могильниках. Основные требования к выбору места, геологической формации и форме отходов. Регламентирующие документы. Принципы подземного захоронения жидких радиоактивных отходов в хорошо экранированных водоносных горизонтах (закачка). Другие методы утилизации радиоактивных отходов. Экологические проблемы при обращении с плутонием и другими трансурановыми элементами.	2	Слайд-презентация

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Радиоэкология - раздел общей экологии. Решение радиоэкологических проблем на предприятиях ядерного топливного цикла: обращение с радиоактивными отходами на предприятиях неядерного цикла; технико-экономические и правовые аспекты решения радиоэкологических проблем Наиболее мощные АЭС мира. Действующие АЭС в России.	2	Слайд - презентация
3	Аналитические оценки предстоящего роста энергопотребления.	2	
4	Энергетика России на органическом топливе и ее перспективы. Жидкие топлива из угля.	2	
5	Термоядерный синтез. Основы процесса. Запасы и ресурсы лития и дейтерия.	1	
6	Солнечная энергетика. Достоинства и недостатки этого энергоисточника и его роль в общем балансе энергопотребностей. Геотермальная энергия.	1	Слайд - презентация
7	Понятие и расчет поглощенной дозы, эквивалентной дозы, эффективной эквивалентной дозы, коллективной дозы облучения. Основные дозовые пределы лиц из персонала (группа А) и населения.	2	Разбор конкретных ситуаций
8	Уровни облучения за счет техногенного фона. Глобальные	2	Слайд -

	выпадения.		презентация
9	Процессы конверсии и разделения изотопов урана. Закрытый ЯТЦ с рециклом урана и плутония.	2	
10	Различие тепловых сбросов АЭС и тепловых электростанций (ТЭС).	1	
11	Характеристика выбросов радионуклидов в окружающую среду при крупных авариях. Причины и последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС.	1	Слайд - презентация
12	Обращение с ЖРО на предприятиях «Радон» в Московской и Ленинградской области.	1	
13	Экологические проблемы при обращении с плутонием и другими трансурановыми элементами.	1	
	Итого	18	

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

Не предусмотрено.

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся студентов

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Воздействие ионизирующего излучения на биосферу Земли в исторической ретроспективе.	5	Устный опрос №1
2	Динамика изменения баланса использования энергетических ресурсов в исторической ретроспективе.	5	
3	Современные методы уменьшения воздействия выбросов ТЭС на окружающую среду.	4	
4	Перспективные ресурсы термоядерной энергетики, сравнение различных термоядерных реакций с точки зрения радиационной безопасности ТЯЭС	4	Устный опрос №2
5	Сравнительная характеристика различных альтернативных (возобновляемых) источников энергии с ЭС, работающими на углеродном и ядерном топливе..	4	
6	Мероприятия по повышению надежности АЭС и предприятий ЯТЦ, предпринятые после ядерных катастроф и инцидентов в СССР, США, Великобритании и Японии.	4	
7	Сравнительная характеристика различных РАО с точки зрения оптимального их захоронения.	3	
8	Сущность и перспективы ториевого варианта ЯТЦ.	4	Устный опрос №3
9	Сравнение воздействия на окружающую среду различных методов добычи урана.	4	
10	Радиоактивные газы, образующихся при штатной и нештатной работе АЭС.	3	

11	Сравнение осадительных, экстракционных и сорбционных методов переработки ЖРО.	4	
12	Требования к неорганической матрице при отверждении альфа-, бета- и гамма активных РВ.	3	
13	Воздействие на мировое развитие атомной энергетики катастроф в Чернобыле и на Фукусиме	3	
	ИТОГО:СРС	50	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов, 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>

### **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

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

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и тестового задания (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов и тестовое задание, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин. Фонд оценочных средств представлен в приложении 1.

### **Пример варианта вопросов на зачете**

#### Вариант № 1

1. Ядерная энергетика России и перспективы ее развития.
2. Виды и особенности воздействия ЯТЦ на окружающую среду (земля, вода, материалы).
3. Задание-тест: Каков состав природного урана?
  - а):  $U^{238}$  (99,3 %);  $U^{235}$  (0,7 %).
  - б):  $U^{238}$  (50,3 %);  $U^{235}$  (47,7 %).
  - в):  $U^{238}$  (0,7 %);  $U^{235}$  (99,3 %).

## **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; СПбГТИ(ТУ), Озер. технол. ин-т - фил. НИЯУ МИФИ. - Озёрск: [б. и.], 2016. - 175 с.

### **б) дополнительная литература:**

1 Крицкий, В. Г. Дезактивация объектов ядерного топливного цикла / В. Г. Крицкий, Ю. А. Родионов; Гос. корпорация по атом. энергии "Росатом, ОАО «Вост.-Европ. голов. науч.-исслед. и проект. ин-т энергет. Рехнологий» (ОАО "Головной ин-т "ВНИПИЭТ"). - СПб. : [б. и.], 2013 - . Вып. 1: Основы дезактивации. Способы и технические средства дезактивации. - 2013. - 464 с.

2 Сахаров, В. К. Радиоэкология: Учебное пособие / В.К. Сахаров. — СПб.: Лань, 2006. - 320 с.

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

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): СанПиН 2.6.1.2523-09. Санитарные правила и нормативы / Гл. гос. санитар. врач РФ. - Взамен НРБ-99; Введ. с 01.09.2009. - М.: Роспотребнадзор, 2009. - 100 с.

2. Очкин А.В. Введение в радиоэкологию. Учебное пособие для вузов / А.В. Очкин, Н.С. Бабаев, Э.П. Магомедбеков. - М., ИздАТ, 2003 - 200 с.

3. Старков, В. Д. Радиационная экология / В.Д. Старков, В.И. Мигунов. - Тюмень: ФГУ ИПП «Тюмень», 2003 - 304 с.

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

1 электронная библиотека по атомной энергетике. Режим доступа - <http://lib.wwer.ru>

2 сайт государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» . Режим доступа - <http://www.rosatom.ru>

3 сайт ФГУП "Предприятие по обращению с радиоактивными отходами "РосРАО". Режим доступа - <http://rosrao.ru>

4 сайт ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами». Режим доступа - <http://norao.ru>.

5 сайт Международной комиссии по защите от неионизирующего излучения. Режим доступа - <http://www.icnirp.de>.

6 химическая энциклопедия: в 5 т. Электронная версия для научных работников, преподавателей вузов, аспирантов и студентов. Содержит около 5000 терминов, охватывающих все разделы химии, а также пограничные области - биохимию, геохимию и другие. Режим доступа - <http://www.cnsrb.ru/AKDIL/0048/default.shtm> -.

7 университетская библиотека онлайн. Электронно-библиотечная система учебных материалов для вузов <http://www.biblioclub.ru> -.

8 World Nuclear Association: WNA Report: The Global Nuclear Fuel Market: Supply and Demand 2005 – 2030. Режим доступа <http://www.world-nuclear.org/wgs/report/>.

9 электронно-библиотечные системы: «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>; «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

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

Все виды занятий по дисциплине «Основы радиэкологии» 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).

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

видеоматериалы;

взаимодействие с обучающимися студентами посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (Microsoft Office).

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

Информационно-поисковая система «РОСАТОМ»: <http://www.rosatom.ru/sitemap/>

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

Для проведения лекционных и практических занятий используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных и практических занятий используются видеоматериалы и учебные фильмы.

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

## **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 «Основы радиэкологии»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<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-10</b>	способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	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, 2	<b>Владеет</b> Основными методами решения радиэкологических проблем на предприятиях ядерного топливного цикла. <b>Знает</b> Радиэкологические проблемы ядерной энергетики и роль энергии в развитии цивилизации. Техничко-экономические и правовые аспекты решения радиэкологических проблем. Планы строительства АЭС в России и за рубежом. Основные направления развития атомной энергетики России на ближайшую перспективу.	Правильные ответы на вопросы №1-6	ОПК-2, ПК-10

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела 3, 4	<p><b>Владеет</b> способами аналитической оценки развития энергопотребления в РФ и в мире.</p> <p><b>Знает</b> Основные особенности энергетики на органическом топливе и понимать перспективы ее развития, тенденции влияния развития общественного производства на уровень энергопотребления, мировые ресурсы и запасы органического топлива, энергетику России на органическом топливе и ее перспективы. Проблемы органического топлива.</p>	Правильные ответы на вопросы №7-12	ОПК-2, ПК-10
Освоение раздела 5, 6	<p><b>Умеет</b> сравнивать эффективность использования урана в современной энергетике на тепловых и быстрых нейтронах.</p> <p><b>Владеет</b> аргументацией в пользу атомной энергетики по сравнению с альтернативными видами энергетики.</p> <p><b>Знает</b> Современные мировые запасы урана, потенциальные запасы гидроэнергоресурсов, геотермальной энергии, солнечной и ветроэнергетики. Основы термоядерного синтеза и перспективы в энергетике. Цены мирового рынка на уран и затраты на его переработку.</p>	Правильные ответы на вопросы №13-18	ОПК-2, ПК-10
Освоение раздела 7	<p><b>Умеет</b> рассчитывать поглощенную, эквивалентную дозу, эффективную эквивалентную дозу, коллективную дозу облучения.</p> <p><b>Знает</b> основные критерии, нормы и принципы радиационной защиты. Определение поглощенной дозы, эквивалентной дозы, эффективной эквивалентной дозы, коллективной дозы облучения. Основные дозовые пределы лиц из персонала (группа А) и населения. Знать область применения норм радиационной безопасности.</p>	Правильные ответы на вопросы №19-23	ОПК-2, ПК-10
Освоение раздела 8	<p><b>Владеет</b> методиками расчета доз облучения.</p> <p><b>Умеет</b> рассчитывать дозу облучения от естественного и техногенного фона, дозу облучения от космического излучения, уровни облучения от естественных радионуклидов (внешнее и внутреннее облучение), уровни облучения за счет техногенного фона.</p> <p><b>Знает</b> Уровни облучения населения за счет различных источников ионизирующего излучения, Техногенные источники радиоактивного облучения.</p>	Правильные ответы на вопросы №23-28	ОПК-2, ПК-10

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела 9	<p><b>Владеет</b> схемой открытого ЯТЦ с легководящим реактором на тепловых нейтронах и схемой закрытого ЯТЦ с рециклом урана и плутония.</p> <p><b>Знает</b> Понятие ЯТЦ, различия между ЯТЦ и топливным циклом на органическом топливе, характеристики ядерного топлива АЭС, энергетические способы осуществления цепной реакции и типы реакторов.</p>	Правильные ответы на вопросы №29-35	ОПК-2, ПК-10
Освоение раздела 10	<p><b>Умеет</b> аргументированно сравнить воздействия ядерного и угольного топливных циклов на окружающую среду, ядерного и угольного топливных циклов по факторам нерадиационного и радиационного воздействия на биосферу.</p> <p><b>Знает</b> Виды и особенности воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду, в том числе: воздействие тепловых сбросов АЭС, различие тепловых сбросов АЭС и тепловых электростанций (ТЭС), характер воздействия тепловых сбросов АЭС на окружающую среду в зависимости от системы охлаждения отработанного пара.</p>	Правильные ответы на вопросы №36-41	ОПК-2, ПК-10
Освоение раздела 11	<p><b>Умеет</b> классифицировать радиационные аварии по международной шкале событий на АЭС.</p> <p><b>Владеет</b> приемами решения радиэкологических проблем, возникающих во время и после радиационных аварий на основе исторических примеров.</p> <p><b>Знает</b> Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды от предприятий ЯТЦ, ожидаемые коллективные дозы облучения населения за счет ЯТЦ, характеристики выбросов радионуклидов в окружающую среду при крупных авариях.</p>	Правильные ответы на вопросы №37-42	ОПК-2, ПК-10
Освоение раздела 12	<p><b>Знает</b> Принципы и методы переработки жидких радиоактивных отходов, происхождение и классификация жидких радиоактивных отходов, Типы радиоактивных отходов. Методы, применяемые при обращении с ЖРО на ФГУП «РАДОН». Особенности остекловывания высокоактивных отходов с помощью фосфатных и боросиликатных стекол.</p>	Правильные ответы на вопросы №43-47	ОПК-2, ПК-10

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела 13	<p><b>Умеет</b> выбирать места, с учетом геологической формации и формы отходов, для подземного захоронения ВАО.</p> <p><b>Владеет</b> методами выбора способов захоронения радиоактивных отходов разных типов и уровней активности.</p> <p><b>Знает</b> методы захоронения радиоактивных отходов и другие методы утилизации РАО, захоронения радиоактивных отходов низкого и среднего и высокого уровней активности, принципы подземного захоронения жидких радиоактивных отходов, экологические проблемы при обращении с плутонием и другими трансурановыми элементами.</p>	Правильные ответы на вопросы №48-51	ОПК-2, ПК-10

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено» или «не зачтено»

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

#### **3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачета.**

##### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-2, ПК-10:**

1. Решение радиоэкологических проблем на предприятиях ядерного топливного цикла.
2. Техничко-экономические и правовые аспекты решения радиоэкологических проблем.
3. Ядерная энергетика мира.
4. Планы строительства АЭС в России и за рубежом.
5. Основные направления развития атомной энергетики России на ближайшую перспективу.
6. Аналитические оценки предстоящего роста энергопотребления.
7. Тенденции влияния развития общественного производства на уровень энергопотребления.
8. Мировые ресурсы и запасы органического топлива.
9. Энергетика России на органическом топливе и ее перспективы.
10. Проблемы органического топлива.
11. Мировые запасы урана.
12. Эффективность использования урана в современной энергетике на тепловых и быстрых нейтронах.
13. Цены мирового рынка на уран и затраты на его переработку.
14. Термоядерный синтез. Основы процесса. Перспективы.
15. Потенциальные (валовые) запасы гидроэнергоресурсов.

16. Гидроэнергетика морских приливов и отливов и ее роль в общем балансе энергопотребностей.
17. Солнечная энергетика. Достоинства и недостатки этого энергоисточника и его роль в общем балансе энергопотребностей.
18. Проблемы использования солнечной энергии, аккумулированной в атмосфере Земли (энергия ветра).
19. Геотермальная энергия.
20. Основные критерии и принципы радиационной защиты.
21. . Понятие и расчет поглощенной дозы, эквивалентной дозы, эффективной эквивалентной дозы, коллективной дозы облучения.
22. Нормы радиационной безопасности. Область применения.
23. Основные дозовые пределы лиц из персонала (группа А) и населения.
24. Естественный и техногенный фон.
25. Космическое излучение.
26. Уровни облучения от естественных радионуклидов (внешнее и внутреннее облучение).
27. Техногенные источники. Уровни облучения за счет техногенного фона.
28. Понятие ЯТЦ.
29. Различие между ЯТЦ и топливным циклом на органическом топливе.
30. Характеристика ядерного топлива АЭС.
31. Энергетические способы осуществления цепной реакции и типы реакторов.
32. Схема открытого ЯТЦ с легководным реактором на тепловых нейтронах.
33. Закрытый ЯТЦ с рециклом урана и плутония.
34. Сходство и различие воздействия ядерного и угольного топливных циклов на окружающую среду.
35. Сравнение воздействия ядерного и угольного топливных циклов по факторам нерадиационного воздействия на биосферу.
36. Воздействие тепловых сбросов АЭС.
37. Различие тепловых сбросов АЭС и тепловых электростанций (ТЭС).
38. Характер воздействия тепловых сбросов АЭС на окружающую среду в зависимости от системы охлаждения отработанного пара.
39. Ожидаемые коллективные дозы облучения населения за счет ЯТЦ.
40. Радиологические проблемы радиационных аварий и примеры радиационных аварий с 1949 по 2017 год
41. Международная школа событий на АЭС.
42. Характеристика выбросов радионуклидов в окружающую среду при крупных авариях.
43. Происхождение и классификация жидких радиоактивных отходов.
44. Типы радиоактивных отходов.
45. Обращение с ЖРО на ФГУП «РАДОН».
46. Остекловывание высокоактивных отходов с помощью фосфатных и боросиликатных стекол.
47. Подходы к захоронению радиоактивных отходов разных типов и уровней активности.
48. Захоронение радиоактивных отходов низкого и среднего уровней активности.
49. Основные требования к выбору места, геологической формации и форме отходов при подземном захоронении ВАО.
50. Принципы подземного захоронения жидких радиоактивных отходов.
51. Экологические проблемы при обращении с плутонием и другими трансурановыми элементами.

**б) Примеры тестовых заданий (с правильными ответами)**

- 1) Каков состав природного урана?  
 а):  $U^{238}$  (99,3 %);  $U^{235}$  (0,7 %),  
 б):  $U^{238}$  (50,3 %);  $U^{235}$  (47,7 %),  
 в):  $U^{238}$  (0,7 %);  $U^{235}$  (99,3 %).
- 2) Доля ядерной энергетики в разных странах мира в: Франция (79%), Литва (0%), Бельгия ~57%, 18-е место США -20%, 20-е – Россия 16%.
- 3) Количество энергоблоков в различных странах мира 1) США – 104 бл.; 2) Франция – 59 бл.; 3) Япония – 54 бл.
- 4) Запасы энергоресурсов – единица Q:  $1 Q = 2,52 \cdot 10^{17}$  ккал =  $1,05 \cdot 10^{21}$  Дж =  $2,93 \cdot 10^{14}$  кВт(м)/ч =  $3,35 \cdot 10^7$  МВт(м)год.
- 5) Состав природного урана  $U^{238}$  (99,3 %);  $U^{235}$  (0,7 %).
- 6) Процент использования природного урана в реакторах на медленных нейтронах (~1%).
- 7) Понятие ЯТЦ. Открытый и закрытый ЯТЦ. Преимущество закрытого ядерного цикла (на ~40% уменьшается расход  $U_{\text{прир.}}$ ).
- 8) Фотовольтаический эффект – возникновение напряжений (ЭДС) в области контактов полупроводников различного типа.
- 9) Поглощенная доза  $D = dE/dm$ . Внесистемная единица – Рад = 100 эрг/г [Си] – Грей(Гр) 1 рад = 0,01 Гр.
- 10) Эквивалентная доза Н – характеризует биологическую эффективность излучения  $H = D \cdot Q$   $Q = 1(\gamma, \beta)$ ;  $Q = 20(\alpha)$ ; внесистем. – бэр, [Си] – Зиверт 1 бэр = 0,01 Зв.
- 11) Эффективная эквивалентная доза  $H_E$  – характеризует возможный ущерб здоровью от облучения различных органов  $H_E = \sum_m H_m \cdot \omega_m$ , [Зв],  $H_m$  – среднее значение эквивалентной дозы в органе "m";  $\omega_m$  – отношение риска смерти облучения органа "m" к риску смерти облучения всего тела.
- 12) Коллективная доза  $S = \int_0^{\infty} N(H) H dH$ , чел-Зв,  $N(H)$  – количество лиц, получивших дозу в пределах от  $H$  до  $H + dH$ .
- 13) Рентген – это такое количество рентгеновского или  $\gamma$ -излучения, которое вызывает в 1 г сухого воздуха при (0 °C и 760 мм.рт.ст.) образование ионов, несущих 1 эл. ст. единицу количества электричества каждого знака.
- 14) Оценка степени риска облучения - риск профессионального облучения не должен превышать риска, характерного для неядерных производств с низкой степенью опасности работ.
- 15) Требования НРБ-99/09 не распространяются: -  $H_E < 10$  мкЗв/год; -  $S_E < 1$  чел-Зв/год; - космическое излучение на поверхности Земли

**16) Основные дозовые пределы**

(гр. А)	20 [мЗв/год] в среднем за 5 лет
(гр. Б)	1 [мЗв/год] в среднем за 5 лет

17) Космическое облучение (первичное и вторичное).

18) Радиоактивные семейства:  $U^{238}$   $\xrightarrow{14 \text{ изотопов}}$   $Pb_{\text{ст}}^{206}$  ( $Rn^{222}$  ( $\alpha, \beta$ ),

$T_{1/2} = 3,8$  суток);  $Th^{232}$   $\xrightarrow{11 \text{ изотопов}}$   $Pb^{208}$  ( $Tn^{220}$  ( $T_{1/2} = 5,50$  сек).

19)  $T_{1/2}$  Изотопы  $Cs^{137}$  ( $T_{1/2} = 30$  лет),  $Sr^{90}$  ( $T_{1/2} = 28$  лет).

20) Замедлители нейтронов реакторов на медленных нейтронах.

21) Теплоносители реакторов.

22) Различия ВВЭР и РБМК. Реактор ВВЭР (II контурный), РБМК (одноконтурный).

23) Воздействие тепловых сбросов. Сброс АЭС больше ТЭС ( $W=1$  ГВт)  
 $n = \frac{K_{ТЭС}}{K_{АЭС}} \cdot \frac{1-0,01 \cdot K_{АЭС}}{1-0,01 \cdot K_{ТЭС}} \approx 1,3$  (временный фактор), если  $K_{АЭС} \sim 33\%$ ,  $K_{ТЭС} \sim 40\%$  (временный фактор). Постоянный фактор ТЭС сбрасывает 15% тепла через трубу, поэтому

$N = \frac{K_{ТЭС}}{K_{АЭС}} \cdot \frac{1-0,01 \cdot K_{АЭС}}{0,85-0,01 \cdot K_{ТЭС}} = 1,8$ , если  $K_{АЭС}$  будет 40 %, то  $N=1,3$ .

24) Преимущество подземного выщелачивания перед горномеханическим (7 преимуществ).

25) Тепловой и атомный взрыв реактора (различия).

26) классификация ЖРО

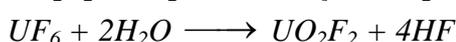
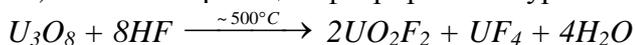
(НАО)	$\leq 4 \cdot 10^8$
(САО)	$4 \cdot 10^8 - 4 \cdot 10^{13}$
(ВАО)	$> 4 \cdot 10^{13}$

27) Коагуляция:

1) соосаждение радиоактивных изотопов совместно со стабильными элементами;

2) адсорбция радионуклидов, находящихся в ионном состоянии на поверхности вновь образовавшихся стабильных веществ.

28) Основные реакции фторирования урана:



далее в раствор  $UO_2F_2 + 4HF$  добавляют  $NH_3 \rightarrow$  выпадает  $(NH_4)_2U_2O_7$ , который прокачивают при  $t=150^\circ C$  с образованием  $U_3O_8$ , затем уран восстанавливают водородом при  $t=900^\circ C$  до  $UO_2$ .

#### 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 УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.