

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ХТИ

Павленко В.И.

« 16 » 05 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины (модуля)

«Методы сбора, транспортировки, переработки и хранения  
радиоактивных отходов»

специальность:

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

специализация:

**Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования  
ядерной энергии**

Квалификация (степень)

**инженер**

Форма обучения

**Очная**

**Институт:** Химико-технологический

**Кафедра:** Теоретической и прикладной химии

Белгород – 2018

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденного Министерством образования и науки РФ от 17.10.2016, №1291
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2018 году.

Составитель, к.ф.-м.н., доцент  (Ястребинский Р.Н.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
«Теоретической и прикладной химии»

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.И. Павленко)  
« 14 » 05 2018 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2018 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.И. Павленко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией ХТИ

« 15 » 05 2018 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доц.  (Л.А. Порожнюк)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-6	Способность проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> Источники образования радиоактивных отходов. Нормативно-правовые аспекты обращения с РАО. Радиационные и радиологические характеристики различных классов активности РАО и их изменение от времени хранения.</p> <p><b>Уметь:</b> Проводить измерения уровней радиационного загрязнения территорий радиоактивными отходами, обрабатывать полученные результаты.</p> <p><b>Владеть:</b> Средствами дозиметрического контроля загрязненных радиоактивными отходами территорий.</p>
2	ПК-7	Способность обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> Методы сбора, транспортирования и временного хранения РАО. Отверждение ЖРО низкого и среднего уровня активности. Переработка твердых радиоактивных отходов. Особенности переработки и отверждения органических РАО. Захоронение отходов низкой и средней активности.</p> <p><b>Уметь:</b> Грамотно использовать методы безопасного проведения работ с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения.</p> <p><b>Владеть:</b> - Средствами защиты при обращении с радиоактивными отходами; - Методами и средствами снижения активности радиоактивных отходов.</p>
3	ПСК-6.1	Способность анализировать радиационную ситуацию и разрабатывать мероприятия по обеспечению ядерной безопасности при проведении технологических процес-	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> Критерии, требования и методы обеспечения качества при переработке высокоактивных отходов. Технология переработки жидких высокоактивных отходов. Длительное хранение и захоронение твердых высокоактивных отходов. Ме-</p>

		сов с растворами, содержащими делющиеся материалы	тоды очистки газовых выбросов. Контейнеры для хранения ОЯТ. <b>Уметь:</b> Анализировать радиационную ситуацию и разрабатывать мероприятия по обеспечению ядерной безопасности. <b>Владеть:</b> Основными способами, устройствами и техническими средствами сбора и транспортирования радиоактивных отходов, обеспечения радиационной безопасности.
--	--	---------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Радиационно-защитное материаловедение
2	Основы радиационного контроля и дозиметрии
3	Основы радиационной безопасности
4	Законодательство в области использования атомной энергии

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Методы обеспечения радиационной безопасности персонала и населения

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 9	Семестр № 10
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	108	108
<b>Аудиторные занятия, в т.ч.:</b>	85	51	34
лекции	34	17	17
лабораторные			
практические	51	34	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	57	74
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графич. задания			
Индивидуальное домашнее задание			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	95	57	38
Форма промежуточной аттестации: (зачет)	3	3	
Форма промежуточной аттестации: (экзамен)	36		36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание лекционных занятий

#### Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 5 Семестр 9

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, час.			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Источники образования радиоактивных отходов</b>					
	Источники образования РАО и усредненные материальные балансы: добыча урана; обогащение; очистка и конверсия; диффузионные и сублиматные производства; изготовление твэлов; эксплуатация АЭС; регенерация реакторного топлива; транспортные ЯЭУ, исследовательские лаборатории и установки; медицина, промышленность, добыча полезных ископаемых. Распределение и фактические объемы по отраслям.	2	6		6
<b>2. Нормативно-правовые аспекты обращения с РАО.</b>					
	Отечественная и международная классификация жидких, твердых и газообразных РАО. Радиационные и радиологические характеристики различных классов активности РАО и их изменение от времени хранения. Основные стандарты, нормы и правила: предметы регулирования и контроля, ответственность. Структура и иерархия регулирования; роль международных организаций.	2	-	-	2
<b>3. Сбор, транспортирование и временное хранение РАО</b>					
	Цели, задачи и основные положения по сбору и транспортированию РАО. Способы, устройства и технические средства сбора и транспортирования. Обеспечение радиационной безопасности. Цели и задачи временного хранения РАО. Основные принципы временного хранения; типы хранилищ.	4	6		6
<b>4. Отверждение ЖРО низкого и среднего уровня активности</b>					
	Основные требования и критерии качества. Цементирование и битумирование: свойства матричных материалов, типовые установки и технологические схемы, методы контроля, показатели качества, остекловывание как конкурентноспособный метод.	2	8		8
<b>5. Переработка твердых радиоактивных отходов</b>					
	Классификация ТРО. Общая схема обращения. Механические методы переработки: прессование, фрагментация. Типовые установки, технологические парамет-	3	8		8

	ры, кратность сокращения объемов, меры безопасности. Сжигание: конструкции печей, принципиальные схемы и показатели установок сжигания.				
<b>6. Особенности переработки и отверждения органических РАО.</b>					
	Особенности, классификация, общая схема обращения с органическими отходами низкого и среднего уровня активности. Критический обзор перспективных методов переработки, преимущества, недостатки, состояние технологии. Блок-схемы и материальные потоки процессов шлакующего сжигания, кислотной варки, пиролиза и окислительного обугливания. Абсорбция, мокрое окисление. Газоочистка: характеристики основного оборудования и эффективности процессов.	4	6		6
	Итого	17	34		36

### Курс 5 Семестр 10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, час.			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>7. Захоронение отходов низкой и средней активности.</b>					
	Классификация основных схем захоронения, технико-экономические показатели, инженерные решения, радиоэкологическая безопасность. Анализ последствий недоброкачественной практики прошлых лет: ситуация на Урале, в полярных и дальневосточных морях.	2	-		2
<b>8. Критерии, требования и методы обеспечения качества при переработке высокоактивных отходов.</b>					
	Блок схема процесса отверждения и упаковки высокоактивных отходов (ВАО). Детальный анализ содержания международных рекомендаций по контролю и обеспечению переработки ВАО.	2	-		2
<b>9. Технология переработки жидких высокоактивных отходов.</b>					
	Временное хранение: конструкции хранилищ, требования по безопасности, методы контроля, охлаждение, дожигание водорода. Упаривание ВАО в емкостях и выпарных аппаратах. Кальцинирование ВАО, схемы процесса включения ВАО в стекло, керамику и минералоподобные материалы. Характеристики стабильности твердых матриц. Влияние метода фракционирования ВАО на общую схему переработки; преимущества,	4	4		4

	недостатки, технологические сложности.				
10. Длительное хранение и захоронение твердых высокоактивных отходов.					
	Основные концепции, их технологическое воплощение: шведский вариант, канадский вариант; состояние дел по захоронению отвержденных ВАО в России. Проблема обращения с отработавшим ядерным топливом реакторов РБМК.	4	2		4
11. Методы очистки газовых выбросов.					
	Проблема радиоактивных благородных газов. Рассеяние, сорбция в газгольдерах, использование мультициклонов, скрубберов, электро- и металлокерамических фильтров. Очистка от аэрозолей. Типовые схемы и параметры газоочистных установок.	2	6		4
12. Контейнеры для хранения ОЯТ.					
	Контейнеры системы CASTOR. Контейнеры CONSTOR. Модули NUHOMS. Контейнеры TN 24.	3	5		4
	Итого	17	17		20

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	2	3	4	5
Семестр № 9				
1	Источники образования радиоактивных отходов	Эксплуатация АЭС; регенерация реакторного топлива; транспортные ЯЭУ, исследовательские лаборатории и установки.	6	4
2	Сбор, транспортирование и временное хранение РАО	Способы, устройства и технические средства сбора и транспортирования. Обеспечение радиационной безопасности.	6	4
3	Отверждение ЖРО низкого и среднего уровня активности	Цементирование и битумирование: свойства матричных материалов, типовые установки и технологические схемы, методы контроля, показатели качества, остекловывание как конкурентноспособный метод.	8	4
4	Переработка твердых радиоактивных отходов	Типовые установки, технологические параметры, кратность сокращения объемов, меры безопасности. Сжигание: конструкции печей, принципиальные схемы и показатели установок сжигания.	8	4
5	Особенности переработки и отверждения органических РАО.	Особенности, классификация, общая схема обращения с органическими отходами низкого и среднего уровня активности. Критический обзор перспективных методов переработки, преимущества, недостатки, состо-	6	5

		яние технологии. Блок-схемы и материальные потоки процессов шлакующего сжигания, кислотной варки, пиролиза и окислительного обугливания. Абсорбция, мокрое окисление. Газоочистка: характеристики основного оборудования и эффективности процессов.		
ИТОГО			34	21
Семестр №10				
6	Технология переработки жидких высокоактивных отходов	Упаривание ВАО в емкостях и выпарных аппаратах. Кальцинирование ВАО, схемы процесса включения ВАО в стекло.	4	4
7	Длительное хранение и захоронение твердых высокоактивных отходов	Проблема обращения с отработавшим ядерным топливом реакторов РБМК.	2	4
8	Методы очистки газовых выбросов.	Типовые схемы и параметры газоочистных установок.	6	4
9	Контейнеры для хранения ОЯТ.	Контейнеры. Расчет защиты.	5	6
ИТОГО:			17	18

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторных занятий не предусмотрено.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень типовых вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	2	3
<b>9 семестр</b>		
<b>1-я аттестация</b>		
1	Источники образования радиоактивных отходов	Источники образования радиоактивных отходов. Добыча урана и обогащение руд. Источники образования радиоактивных отходов. Очистка и конверсия. Диффузионные и сублиматные производства. Изготовление твэлов, эксплуатация АЭС. Источники образования радиоактивных отходов. Регенерация реакторного топлива; транспортные ЯЭУ, исследовательские лаборатории и установки. Медицина, промышленность, добыча полезных ископаемых. □

2	Нормативно-правовые аспекты обращения с РАО	<p>Отечественная и международная классификация жидких, твердых и газообразных РАО.</p> <p>Радиационные и радиологические характеристики различных классов активности РАО и их изменение от времени хранения.</p> <p>Общие характеристики изменения активности ОЯТ.</p> <p>Основные стандарты, нормы и правила: предметы регулирования и контроля РАО. Структура и иерархия регулирования; роль международных организаций.</p>
3	Сбор, транспортирование и временное хранение РАО	<p>Цели, задачи и основные положения по сбору и транспортированию РАО.</p> <p>Способы, устройства и технические средства сбора и транспортирования РАО.</p> <p>Обеспечение радиационной безопасности. Цели и задачи временного хранения РАО.</p> <p>Основные принципы временного хранения, типы хранилищ.</p>
<b>2-я аттестация</b>		
4	Отверждение ЖРО низкого и среднего уровня активности	<p>Основные требования и критерии качества отверждения ЖРО.</p> <p>Цементирование и битумирование ЖРО: свойства матричных материалов, типовые установки и технологические схемы, методы контроля, показатели качества.</p> <p>Остекловывание ЖРО.</p>
5	Переработка твердых радиоактивных отходов	<p>Классификация ТРО. Общая схема обращения.</p> <p>Механические методы переработки ТРО: прессование, фрагментация. Типовые установки, технологические параметры, кратность сокращения объемов, меры безопасности.</p> <p>Сжигание ТРО: конструкции печей, принципиальные схемы и показатели установок сжигания.</p>
6	Особенности переработки и отверждения органических РАО.	<p>Особенности, классификация, общая схема обращения с органическими отходами низкого и среднего уровня активности.</p> <p>Перспективные методы переработки органических РАО, преимущества, недостатки, состояние технологии.</p> <p>Блок-схемы и материальные потоки процессов шлакующего сжигания, кислотной варки, пиролиза и окислительного обугливания ОРАО.</p> <p>Абсорбция, мокрое окисление ОРАО. Газоочистка: характеристики основного оборудования и эффективности процессов.</p>
<b>10 семестр</b>		
<b>1 аттестация</b>		
7	Захоронение отходов низкой и средней активности	<p>Классификация основных схем захоронения, технико-экономические показатели, инженерные решения, радиологическая безопасность НАО и САО.</p> <p>Захоронение НАО и САО в полярных и дальневосточных морях.</p>
8	Критерии, требования и	Блок схема процесса отверждения и упаковки высокоактив-

	методы обеспечения качества при переработке высокоактивных отходов.	ных отходов (ВАО). Международные рекомендации по контролю и обеспечению переработки ВАО.
<b>2 аттестация</b>		
9	Технология переработки жидких высокоактивных отходов	Временное хранение: конструкции хранилищ, требования по безопасности, методы контроля, охлаждение, дожигание водорода при переработке ЖРО. Упаривание ВАО в емкостях и выпарных аппаратах. Кальцинирование ВАО, схемы процесса включения ВАО в стекло, керамику и минералоподобные материалы. Характеристики стабильности твердых матриц. Влияние метода фракционирования ВАО на общую схему переработки; преимущества, недостатки, технологические сложности.
10	Длительное хранение и захоронение твердых высокоактивных отходов.	Основные концепции захоронения твердых ВАО, их технологическое воплощение: шведский вариант, канадский вариант; состояние дел по захоронению отвержденных ВАО в России. Проблема обращения с отработавшим ядерным топливом реакторов РБМК.
11	Методы очистки газовых выбросов.	Проблема радиоактивных благородных газов. Рассеяние, сорбция в газгольдерах, использование мультициклонов, скрубберов, электро- и металлокерамических фильтров. Очистка от аэрозолей. Типовые схемы и параметры газоочистных установок.
12	Контейнеры для хранения ОЯТ	Контейнеры системы CASTOR. Конструкция. Назначение. Контейнеры CONSTOR. Конструкция. Назначение. Модули NUHOMS. Конструкция. Назначение. Контейнеры TN 24. Конструкция. Назначение.

### **5.2 Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Курсовые проекты и курсовые работы при изучении дисциплины не предусмотрены учебным планом.

### **5.3 Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Индивидуальные домашние и расчетно-графические задания при изучении дисциплины не предусмотрены учебным планом.

### **5.4 Перечень контрольных работ**

Контрольные работы не предусмотрены.

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. - Издательский дом МЭИ, 2007.  
Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8138>
2. Бекман, И. Н. Ядерные технологии : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - М : Юрайт, 2017. - 401 с.
3. Радиационная экология : учеб. пособие для студентов очной формы обучения направления бакалавриата 280700 - Техносфер. безопасность профиля подгот. "Радиационная и электромагнитная безопасность" / В. И. Павленко, Н. И. Черкашина, П. В. Матюхин ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. - 116 с.
4. Тулякова, О.В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов: методическое пособие / О.В. Тулякова. - Москва : Директ-Медиа, 2014. - 87 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235803>

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. ОСПОРБ-99. Санитарные правила СП 2.6.1.79-999. 2.6.1. Ионизирующее излучение. Радиационная безопасность : утв. 27 дек. 1999 г. - Введ. с 01.07.2000. - Москва : НПК "Апрохим", 2000. - 90 с.
2. Балаков, Ю.Н. Безопасность энергоустановок в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: практ. пособие : в 2-х ч. / Ю. Н. Балаков. Ч. 1 : Устройство и эксплуатация энергоустановок. М. : Издательский дом МЭИ, 2008. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8122> .
3. Балаков, Ю.Н. Безопасность энергоустановок в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: практ. пособие : в 2-х ч. / Ю. Н. Балаков. Ч. 2 : Охрана труда и техника безопасности. М. : Издательский дом МЭИ, 2008. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8123> .

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>
2. И.А. Андрюшин, Ю.А. Юдин. Обзор проблем обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом / Издательство: Типография ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", г.Саров. 2010: <http://npc.sarov.ru/issues/spentfuel.html>
3. «Система государственного учёта и контроля РВ и РАО и обращение с радиоактивными отходами»: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2016/08/23/68476>
4. 5 лет после аварии на "Фукусиме": как Япония решает проблему ядерных отходов: <http://www.atomic-energy.ru/SMI/2016/03/14/64130>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для проведения **лекционных** занятий необходима аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), комплект электронных презентаций (ЛК 325, кафедра ТПХ).

**Практических** занятий – специализированный Центр «Радиационного мониторинга», ЛК 331, кафедра ТПХ).

Для осуществления образовательного процесса на лекционных и практических занятиях используется следующее оборудование Центра «Радиационного мониторинга»: Альфа-бета радиометр УМФ-2000, гамма- радиометр РУГ-2000М, сцинтилляционный гамма-бета- спектрометр «Прогресс-БГ(П)» с использованием гамма- и бета- трактов спектрометра СКС-99 «Спутник», измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002, универсальный прибор газового контроля УПГК-ЛИМБ, дозиметр-радиометр «ДРБП-03», радиометр радона РРА-01М-01 «Альфарад», универсальный измеритель уровней электростатических полей СТ-01, анализатор газортутный переносной АГП-01-2М.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «22» мая 2019 г.

Заведующий кафедрой ТПХ, д.т.н, профессор  Павленко В.И.

Директор ХТИ  Павленко В.И.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### *Приложение №1.*

#### **Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины**

Курс «Методы сбора, транспортировки, переработки и хранения радиоактивных отходов» представляет собой неотъемлемую составную часть дисциплин специализации при подготовке студентов по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики» специализации 18.05.02-06 «Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии».

Изучение курса «Методы сбора, транспортировки, переработки и хранения радиоактивных отходов» должно способствовать формированию у студентов прочных знаний об основных технологических источниках радиоактивных отходов, классификации отходов ядерных технологий; освоение методов безопасного обращения и утилизации отходов ядерных технологий и ядерного оружия.

Задача преподавателя – помочь студенту в развитии его творческой самостоятельности, которое будет проходить наиболее эффективно, если максимально использовать и стимулировать индивидуальную творческую деятельность студента.

Занятия по дисциплине проводятся в виде лекционных и практических занятий.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов и проведения письменных защит изученного материала и расчетно-графической работы. Формой итогового контроля является экзамен.

#### ***Методические рекомендации при работе над конспектом лекций***

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования у студентов.

Преподаватель может рекомендовать студентам следующие основные формы записи: план (простой и развернутый), выписки, тезисы.

Результаты конспектирования могут быть представлены в различных формах. **План** – это схема прочитанного материала, краткий (или подробный) перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Подробно составленный план вполне заменяет конспект.

**Конспект** – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов:

- ***План-конспект*** – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.
- ***Текстуальный конспект*** – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.
- ***Свободный конспект*** – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся

в Рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

Первый раздел посвящен источникам образования РАО и усредненным материальным балансам: добыча урана; обогащение; очистка и конверсия; диффузионные и сублиматные производства; изготовление твэлов; эксплуатация АЭС; регенерация реакторного топлива; транспортные ЯЭУ, исследовательские лаборатории и установки; медицина, промышленность, добыча полезных ископаемых. Распределение и фактические объемы по отраслям. [основная литература: 1, с. 11-14; 3, с. 9-14].

Во втором разделе изучаются нормативно-правовые аспекты обращения с РАО. Отечественная и международная классификация жидких, твердых и газообразных РАО. Основные стандарты, нормы и правила: предметы регулирования и контроля, ответственность. Структура и иерархия регулирования; роль международных организаций. [основная литература: 1, с. 15-24, 94-103; 3, с. 23-26].

Третий раздел посвящен сбору, транспортированию и временному хранению РАО. Рассмотрены цели, задачи и основные положения по сбору и транспортированию РАО. Способы, устройства и технические средства сбора и транспортирования. Обеспечение радиационной безопасности. Цели и задачи временного хранения РАО. Основные принципы временного хранения; типы хранилищ. [основная литература: 1, с.25-88; 3, с.72-94].

В четвертом разделе изучается отверждение ЖРО низкого и среднего уровня активности. Основные требования и критерии качества. Цементирование и битумирование: свойства матричных материалов, типовые установки и технологические схемы, методы контроля, показатели качества, остекловывание как конкурентноспособный метод. [основная литература: 1, с. 120-138; 3, с. 32-43].

В пятом разделе изучается переработка твердых радиоактивных отходов. Классификация ТРО. Общая схема обращения. Механические методы переработки: прессование, фрагментация. Типовые установки, технологические параметры, кратность сокращения объемов, меры безопасности. Сжигание: конструкции печей, принципиальные схемы и показатели установок сжигания. [основная литература: 1, с. 222-338; 3, с. 54-60].

В шестом разделе изучаются особенности, классификация, общая схема обращения с органическими отходами низкого и среднего уровня активности. Критический обзор перспективных методов переработки, преимущества, недостатки, состояние технологии. Блок-схемы и материальные потоки процессов шлакующего сжигания, кислотной варки, пиролиза и окислительного обугливания. Абсорбция, мокрое окисление. Газоочистка: характеристики основного оборудования и эффективности процессов. [основная литература: 1, с. 162-178].

В седьмом разделе изучается захоронение отходов низкой и средней активности. Классификация основных схем захоронения, технико-экономические показатели, инженерные решения, радиоэкологическая безопасность. Анализ последствий недоброкачественной практики прошлых лет: ситуация на Урале, в полярных и дальневосточных морях. [основная литература 1, с. 340-420; 3, с. 99-105].

В восьмом разделе изучаются критерии, требования и методы обеспечения качества при переработке высокоактивных отходов. Блок схема процесса отверждения и упаковки высокоактивных отходов (ВАО). Детальный анализ содержания международных рекомендаций по контролю и обеспечению переработки ВАО. [основная литература: 3, с. 27-31, 97-99].

В девятом разделе изучается технология переработки жидких высокоактивных отходов. Временное хранение: конструкции хранилищ, требования по безопасности, методы контроля, охлаждение, дожигание водорода. Упаривание ВАО в емкостях и выпарных аппаратах. Кальцинирование ВАО, схемы процесса включения ВАО в стекло, керамику и минералоподобные материалы. Характеристики стабильности твердых матриц. Влияние метода фракционирования ВАО на общую схему переработки; преимущества, недостатки, технологические сложности. [основная литература: 3, с. 61-71].

В десятом разделе длительное хранение и захоронение твердых высокоактивных отходов. Основные концепции, их технологическое воплощение: шведский вариант, канадский вариант; состояние дел по захоронению отвержденных ВАО в России. Проблема обращения с отработавшим ядерным топливом реакторов РБМК. [основная литература: 1, с. 425-437; 3, с. 72-88].

В одиннадцатом разделе изучаются методы очистки газовых выбросов. Проблема радиоактивных благородных газов. Рассеяние, сорбция в газгольдерах, использование мультициклонов, скрубберов, электро- и металлокерамических фильтров. Очистка от аэрозолей. Типовые схемы и параметры газоочистных установок. [основная литература: 1, с.89-93].

В двенадцатом разделе изучаются контейнеры для хранения ОЯТ. Контейнеры системы CASTOR, CONSTOR, NUHOMS, TN 24. [основная литература 3, с. 91-96].

На последней лекции студенты знакомятся с методикой проведения зачета, выдаются зачетные вопросы и рассматриваются типовые задачи.

### ***Методические рекомендации студентам по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям***

Главная задача высшей школы – научить молодого человека мыслить, непрерывно повышать свой образовательный уровень, что позволит ему в дальнейшем самостоятельно осваивать новейшие достижения науки и техники. Однако многие студенты не умеют учиться как самостоятельно, так и систематически. Возникает проблема закрепления полученных знаний, навыков. Не подкрепленные умениями и навыками знания частично утрачиваются. Результатом любого общения является использование приобретенных знаний и умений на практике. Известно, что достоянием личности становятся лишь те знания, которые приобретены с помощью творческой работы через преодоление трудностей.

Одним из путей решения этой задачи является организация и контроль самостоятельной работы студентов.

Без самостоятельной работы студента и контроля со стороны преподавателя целенаправленный, плодотворный процесс невозможен.

Педагогический контроль является составной частью учебного процесса, устанавливает прямую и обратную связи между преподавателем и студентом.

Контроль выполнения задания непосредственно связан с процессом усвоения знаний и выполняет в нем функцию обратной связи. Чем эффективнее используется текущий контроль, тем выше качество знаний студентов.

Умение самообразовательной деятельности включает в себя:

- планирование самостоятельной работы;
- использование современной литературы и компьютерных программ;
- осуществление самоконтроля работы, умение объективно оценивать результаты.

Исходный этап изучения курса «Безопасность обращения с радиоактивными отходами» предполагает ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к практическим занятиям, а также методических указаниях для студентов заочного и дистанционного форм обучения.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на тесты, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и методических пособий по курсу «Методы сбора, транспортировки, переработки и хранения радиоактивных отходов». Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

### *Методические рекомендации при подготовке к экзамену*

Успешное освоение курса при подготовке к экзамену предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

**Работа с книгой и конспектом лекций.** Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении не задерживайтесь на математических выводах: старайтесь получить общее представление об излагаемых вопросах, а также отмечайте трудные или неясные места. При повторном изучении темы усвойте все теоретические положения, математические зависимости и их выводы. Вникайте в сущность того или иного вопроса, а не пытайтесь запомнить отдельные факты и явления. *Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.*

Чтобы лучше запомнить и усвоить изучаемый материал, надо обязательно иметь рабочую тетрадь и заносить в нее формулировки законов и основных понятий радиационного мониторинга, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. *Во всех случаях, когда материал поддается систематизации, составляйте графики, схемы, диаграммы, таблицы.* Они очень облегчают запоминание и уменьшают объем конспектируемого материала.

Изучая курс, обращайтесь и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач (см. список рекомендованной литературы). Решение задач – один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала при подготовке к экзамену.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2020/2021 учебный год без изменений.

Протокол № 9 заседания кафедры ТиПХ от «14» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой ТиПХ  
д.т.н, профессор

  
Павленко В.И.

Директор института

  
Павленко В.И.