

Северский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Химии и технологии материалов современной энергетики»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от 28.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**РАДИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО
ТОПЛИВА**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
9	4	144	32	16	0	26	96	Экз.
Итого	4	144	32	16	0	26	96	

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программы «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) знать:

3.1 радиохимические методы переработки ОЯТ, основные стадии, недостатки и преимущества, возможные пути совершенствования способов переработки;

3.2 физико-химические свойства соединений актиноидов и продуктов деления, способы их разделения и выделения;

3.3 особенности переработки плотного и смешанного оксидного топлива;

3.4 основные свойства и способы обращения с делящимися материалами, основы системы учета и контроля делящихся и радиоактивных материалов;

2) уметь:

У.1 подбирать справочную и нормативно-техническую литературу по радиохимической тематике;

У.2 выбирать методы радиохимической переработки ОЯТ

3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:

В.1 методами расчета и анализа технологических схем и оборудования радиохимических производств;

В.2 методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» являются:

изучение вопросов, связанных с переработкой облученного ядерного топлива (ОЯТ), в том числе, плотного и смешанного оксидного уран-плутониевого топлива для реакторов на быстрых нейтронах радиохимическими методами, извлечения ядерных делящихся материалов и других ценных компонентов из ОЯТ, их повторное использование в ядерной и других высокотехнологичных отраслях промышленности.

Основными задачами дисциплины являются:

изучение свойств ОЯТ, физико-химических основ методов выделения, разделения и очистки ценных компонентов от примесных радионуклидов; основных технологических процессов и аппаратурного оформления производства радиохимической переработки ОЯТ; свойств и технологий обращения с ядерными делящимися материалами и уран-плутониевым облученным ядерным топливом; вопросов повторного использования ядерных материалов для производства плотного и смешанного топлива (рефабрикация).

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» (Б1.В.ОД.1.8) - Профессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
тип задач профессиональной деятельности: технологический			
Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений	руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием	ПК-2.2 Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и техногенного сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), разделения изотопов легких элементов и их применения	З-ПК-2.2 Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов У-ПК-2.2 Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов В-ПК-2.2 Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	ядерных объектов		
<p>Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений</p>	<p>руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов</p>	<p>ПК-3 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p>З-ПК-3 Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования У-ПК-3 Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом В-ПК-3 Владеть: навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов</p>

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программе «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – 4, 144 час., обучение по дисциплине проходит в семестре 9.

Дисциплина (модуль) содержит разделы:

- раздел 1 – «Свойства и обращение с ОЯТ»
- раздел 2 – «Радиохимические методы переработки ОЯТ»
- раздел 3 – «Обращение с ядерными делящимися материалами и уран-плутониевым облучённым ядерным топливом»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
9 семестр (18 недель)								
1	Свойства и обращение с ОЯТ	6	4		12		3/Т1	20
2	Радиохимические методы переработки ОЯТ	12	6		24		8/Т2	20
3	Обращение с ядерными делящимися материалами и уран-плутониевым облучённым ядерным топливом	14	6		24		14/Т3	20
	Экзамен				36			40
Итого за 9 семестр:		32	16		96			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов (З-ПК-2.2)	1, 2, 3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
– Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов (У-ПК-2.2)	1, 2, 3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
– Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов (В-ПК-2.2)	1, 2, 3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
– Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования (З-ПК-3)	1, 2, 3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
– Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом (У-ПК-3)	1, 2, 3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
– Владеть: навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов (В-ПК-3)	1, 2, 3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Свойства и обращение с ОЯТ	
1.1 Проблема накопления ОЯТ в современной ядерной энергетике. Принципы работы ядерных реакторов. Поведение ядерного топлива в ходе кампании. Проблема накопления ОЯТ в современной ядерной энергетике	2
1.2 Свойства ОЯТ. Зависимость состава ОЯТ от типа реакторов. Химический состав и тепловые свойства облученного ядерного топлива. Хранение ОЯТ.	2
1.3 Технологии обращения с ОЯТ (на примере ОЯТ реакторов ВВЭР). Подготовка ОЯТ реакторов ВВЭР к переработке. Вскрытие ОЯТ реакторов ВВЭР и перевод содержимого в жидкую фазу. Выбор вскрывающего агента и способов растворения топлива.	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	6
Раздел 2 Радиохимические методы переработки ОЯТ	
2.1 Радиохимические технологии переработки ОЯТ. Общая характеристика радиохимических методов переработки ОЯТ. Подготовка растворов ОЯТ к экстракции. Аппаратурное оформление процессов растворения и очистки растворов от примесей.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
2.2 Водно-экстракционный цикл переработки ОЯТ реактора ВВЭР. Современные экстрагенты, применяемые в радиохимическом переделе. Физико-химические основы экстракционной переработки ОЯТ реактора ВВЭР. Поведение делящихся материалов и других ценных компонентов при экстракции. Разделение урана, плутония и ценных компонентов экстракцией. Аппаратурное оформление процессов переработки ОЯТ реактора ВВЭР	4
2.3 Аффинаж урана и плутония. Водно-экстракционная схема аффинажа урана. Выделение, концентрирование и очистка урана. Экстракционная очистка плутония: Reflux-процесс. Выделение и очистка нептуния.	2
2.4 Особенности переработки ТВЭЛов на основе высокообогащенного урана. Особенности растворения ОЯТ на основе высокообогащенного урана. Особенности экстракционной переработки растворов ОЯТ на основе высокообогащенного урана. Переработка топлива военных реакторов	2
2.5 Альтернативные способы разделения урана, плутония и продуктов деления. Водные и безводные методы. Химическое разделение урана и плутония. Лантан-фторидный метод. Висмут-фосфатный метод. Соосаждение с двойными сульфатами	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>12</i>
Раздел 3 Обращение с ядерными делящимися материалами и уран-плутониевым облучённым ядерным топливом	
3.1 Ядерные делящиеся материалы. Виды и классификация. Виды ЯДМ, учет ЯДМ. Специальные неядерные материалы. Хранилища ЯДМ в России: типы хранилищ, расположение, устройство.	2
3.2 Высокообогащенный уран (ВОУ). Технология переработки ВОУ в НОУ. Проблема накопления ВОУ. Национальные запасы ВОУ в различных странах мира; категории ВОУ; технология переработки ВОУ в НОУ. Основные операции технологии ВОУ-НОУ. Аппаратурно-технологическая схема переработки оружейного урана	2
3.3 Технологии обращения с плутонием. Ядерный бридинг, Свойства основных изотопов плутония. Оценочные запасы изотопов плутония в России и странах мира. Получение изотопов плутония. Классификация плутония как ЯДМ, получение и применение изотопов плутония.	2
3.4 Металлургия плутония. Физико-химические свойства плутония и его соединений. Наиболее важные соединения плутония. Процессы получения металлического плутония. Рафинирование металлического плутония: . Конструкция электролизера и состав электролита для электрохимического рафинирования.	2
3.5 ОЯТ на основе смешанного уран-плутониевого топлива. Свойства облученного оксидного и нитридного смешанного топлива. Термическая стабильность оксидов и нитридов урана, плутония и смешанных композиций, выход газообразных продуктов деления из топлива, теплопроводность смешанных топлив.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
3.6 Переработка облученного нитридного топлива. Переработка нитридного топлива на основе PUREX-процесса. Проблема образования в облученном нитридном топливе радиоактивного ¹⁴ C. Использование процесса волоксидации для подготовки топлива к растворению. Растворение нитридов урана и плутония в азотной кислоте. Схемы переработки нитридного ОЯТ. Использование в нитридном топливе азота, обогащенного по изотопу ¹⁵ N. Технологическая схема усовершенствованной жидкостной переработки облученного топлива – SETFICS и TRUEX процессы.	4
<i>Итого по разделу 3:</i>	14
Всего по теоретическому разделу дисциплины:	32

5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Свойства и обращение с ОЯТ	
1.1 Принципы работы и состав ОЯТ ядерных реакторов, работающих на уране или его соединениях. Реакторы на медленных нейтронах. Состав и особенности переработки ОЯТ. Реакторы на быстрых нейтронах, пристанционный ЗЯТЦ с реактором типа БРЕСТ (проект «Прорыв»)	2
1.2 Физико-химические свойства актиноидов, методы выделения урана из сырья и его рафинирования. Физико-химические свойства актиноидов, методы выделения урана из сырья и его рафинирования	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	4
Раздел 2 Радиохимические методы переработки ОЯТ	
2.1 Альтернативные водно-экстракционные способы переработки ОЯТ. Изучение альтернативных водно-экстракционных способов переработки ОЯТ (IMPUREX, UREX-процессы и др.)	2
2.2 Химическое разделение урана, плутония и продуктов деления. История открытия и получения плутония в промышленном масштабе. Химическое разделение урана, плутония и ПД.	2
2.3 Неводные методы переработки ОЯТ. Неводные методы переработки ОЯТ. Литиевый процесс переработки ОЯТ легководных реакторов. Технология AIROX и OREOX - процессов. Пирохимические технологии переработки ОЯТ. Газофторидная технология переработки ОЯТ	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	6

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 3 Обращение с ядерными делящимися материалами и уран-плутониевым облучённым ядерным топливом	
3.1 Общие принципы организации работы с ядерными делящимися материалами. Проблема накопления ЯДМ. Хранилища ЯДМ. Переработка накопленных запасов ЯДМ и применение их в гражданских целях	2
3.2 Обращение с облученным нитридным топливом. Особенности поведения нитридного ядерного топлива в ядерном реакторе и обращение с ОЯТ на основе (U,Pu)N. Водно-экстракционная схема переработки нитридного топлива. Пирохимическая переработка облученного нитридного топлива. LINEX-технология переработки нитридного топлива. Фторидная технология переработки нитридного топлива	2
3.3 Обеспечение безопасности работ при переработке ОЯТ. Общие вопросы ядерной и радиационной безопасности при работе с ЯДМ и ОЯТ	2
<i>Итого по разделу 3:</i>	<i>6</i>
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	16

5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Работа в команде, Опережающая самостоятельная работа.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 26 час.

7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
ПК-2.2	У-ПК-2.2	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
ПК-2.2	В-ПК-2.2	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
ПК-3	З-ПК-3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
ПК-3	У-ПК-3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)
ПК-3	В-ПК-3	Т1, Т2, Т3, Экзамен (9 сем.)

Шкалы оценки образовательных достижений. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

Аттестация в 9 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
T1	Тестирование	20	12
T2	Тестирование	20	12
T3	Тестирование	20	12
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Экзамен		40	24
Итого:		100	60

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х балльной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)		удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)	
Зачет	Зачтено					Не зачтено	

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы для Экзамена (9 семестр):

- 1 Виды ядерного топлива. Химический состав и свойства ОЯТ.
- 2 Принципы работы с ОЯТ: выдержка, транспортировка, хранение ОЯТ.

- 3 Принципиальная схема переработки ОЯТ
- 4 Подготовка ОЯТ к водно-экстракционному переделу, вскрытие ТВЭЛ.
- 5 Растворение различных типов ОЯТ. Оборудование для растворения ОЯТ.
- 6 Физико-химические основы экстракции. Аппаратура экстракционного передела.
- 7 Первый цикл экстракции в PUREX-процессе. Разделение урана и плутония в PUREX-процессе.
- 8 Аффинаж плутония. Reflux-процесс
- 9 Концентрирование и очистка растворов плутония.
- 10 Свойства нитридного уран-плутониевого топлива
- 11 Переработка нитридного топлива на основе PUREX-процесса.
- 12 Литиевый процесс переработки оксидного топлива легководных реакторов.
- 13 Пирохимическая переработка облученного нитридного топлива
- 14 Технология AIROX и OREOX процессов
- 15 Фторидная технология переработки нитридного топлива
- 16 Рефабрикация топлива. Производство МОКС-топлива
- 17 Ядерные делящиеся материалы. Виды и классификация. Специальные неядерные материалы.
- 18 Ядерный бридинг, свойства основных изотопов плутония. Получение изотопов плутония.
- 19 Классификация плутония, применение изотопов плутония.
- 20 Получение металлического плутония.
- 21 Рафинирование металлического плутония.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Бекман И. Н. Ядерные технологии [Текст]: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман - Москва: Юрайт, 2017 - 404 с.

Л1.2 Обращение с отработавшим ядерным топливом. Радиохимическая переработка ОЯТ: курс лекций / Министерство науки и высшего образования РФ. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт НИЯУ МИФИ; составитель В. А. Андреев - Северск: Издательство СТИ НИЯУ МИФИ, 2021 - 166 с.

Л1.3 Сваровский А. Я. Технология и оборудование обезвреживания жидких радиоактивных отходов: учебное пособие для вузов / А. Я. Сваровский, М. Н. Стриханов, А. Н. Жиганов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" - М.: НИЯУ МИФИ, 2012 - 499, [1] с.

Л1.4 Технологии переработки и захоронения радиоактивных отходов: курс лекций / Министерство науки и высшего образования РФ. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт НИЯУ МИФИ ; составитель В. А. Андреев - Северск: Издательство СТИ НИЯУ МИФИ, 2021 - 121 с.

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Андреев Г. Г. Фторидные технологии в производстве ядерного топлива [Текст]: монография / Г. Г. Андреев, А. Н. Дьяченко; Министерство образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Томский политехнический университет - Томск: Изд-во ТПУ, 2014 - 150, [2] с.

Л2.2 Беденко С. В. Ядерная физика: хранение облученного керамического ядерного топлива [Текст]: учебное пособие для вузов - Москва: Юрайт, 2017 - 191 с.

Л2.3 Беспалов В. И. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита [Текст]: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) - Москва: Юрайт, 2016 - 508 с.

Л2.4 Беспалов В. И. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) - Москва: Юрайт, 2019 - 508 с.

Л2.5 Бобович Б. Б. Процессы и аппараты переработки отходов [Текст]: учебное пособие / Б. Б. Бобович - Москва: Инфра-М, 2015 - 287 с.

Л2.6 Инновационные энергосберегающие технологии переработки радиоактивных отходов / Г. А. Петров [и др.]; под ред. А. Г. Мержанова - М.: Книжный мир, 2012 - 303, [1] с.

Л2.7 Камнев Е. Н. Выбор площадок для захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях / Е. Н. Камнев, В. Н. Морозов, И. Ю. Шишиц - М.: Горная книга, 2012 - 208 с.

Л2.8 Кулифеев В. К. Комплексное использование сырья и отходов. Переработка техногенных отходов: курс лекций / В. К. Кулифеев, В. П. Тарасов, А. Н. Кропачев; Федеральное агентство по образованию, Московский институт стали и сплавов, Кафедра металлургии цветных, редких и боагородных металлов ; под ред. В. В. Милушевского - М.: МИСиС, 2009 - 90, [2] с.

Л2.9 Обращение с отработавшим ядерным топливом. Радиохимическая переработка ОЯТ: курс лекций / Министерство науки и высшего образования РФ. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт НИЯУ МИФИ; составитель В. А. Андреев - Северск: Издательство СТИ НИЯУ МИФИ, 2021 - 166 с.

Л2.10 Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС / В. И. Землянухин [и др.] - М.: Энергоатомиздат, 1983 - 232 с.

Л2.11 Андреев В. А. Расчет состава облученного ядерного топлива реакторов ВВЭР [Электронный ресурс]: методические указания / В. А. Андреев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2013 - 25 с.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 Журнал «Радиохимия» – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э2 Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э3 Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э4 Известия Томского политехнического университета. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э5 Электронный бюллетень Ядерный Контроль. – Режим доступа: <http://www.pircenter.org/pages/280-yadernyj-kontrol-arhiv-nomerov>

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить

ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических, занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к контрольным работам
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (9 семестр)

В течение 9 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): В.А. Андреев