

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Димитровградский инженерно-технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.02.03 Ядерные технологии

Специальность \_\_\_\_\_ Ядерные реакторы и материалы 14.05.01

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ Инженер-физик

Специализация \_\_\_\_\_ Ядерные реакторы

Форма обучения \_\_\_\_\_ Очная

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ Ядерные реакторы и материалы

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ Ядерные реакторы и материалы

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экзамен, зачет)
10	4	17	34	нет	57	экзамен, 36
<b>Итого</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>нет</b>	<b>57</b>	<b>36</b>

Димитровград  
2020 г.

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## Ядерные технологии

**Цель** преподавания данной дисциплины состоит в том, чтобы познакомить студентов с основными ядерными технологиями, используемыми на различных стадиях топливного цикла гражданской ядерной энергетики, начиная с добычи урановой руды и кончая захоронением радиоактивных отходов. Дать представление об основных принципах и современном состоянии ядерных технологий, об их потенциальной опасности с точки зрения обеспечения нераспространения ядерного оружия и защиты окружающей среды.

**Основными задачами** освоения дисциплины являются:

- получение и закрепление теоретических знаний, необходимых для самостоятельной разработки и эксплуатации технологических систем и отдельных элементов предприятий ядерного топливного цикла.
- понимание студентами базовых принципов технологий и основных элементов оборудования, используемых на предприятиях ядерного топливного цикла для самостоятельного решения проблем защиты персонала и окружающей среды;

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Ядерные технологии относится к базовой части профессионального модуля учебного плана и изучается в 10 семестре.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание общей физики, математики, химии, безопасности жизнедеятельности в пределах естественнонаучного модуля учебного плана,

умение работать с научной и справочной литературой,

владение основами работы на компьютере с пакетом программ Microsoft Office.

Таблица 2.1 - Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общекультурные компетенции			
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу	Математический анализ	
Профессиональные компетенции			
ПК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу	Математический анализ	
ПК-3	Способностью использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комби-	Физика	

	нирования и синтеза идей, творческого самовыражения		
ПК-20	готовностью к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования	химия, безопасность жизнедеятельности	

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности).

Таблица 3.1 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Код компетенции	Содержание компетенции	
ПК-5	Способность оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах. Способность понимать современные профессиональные проблемы, современные ядерные технологии, научно-техническую политику ядерной сферы деятельности	<p><u>Знать:</u></p> <p>1. Структуру ядерного топливного цикла, его основные элементы и технологические этапы, применяемое оборудование.</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>логично изложить, обосновать объективную необходимость развития и использования в мирных целях ядерных технологий и их энергетических и не энергетических применений (медицина, сельское хозяйство, экология); аргументировано, грамотно и профессионально представить информацию по курсу лекций в виде научного доклада, аргументировано отстаивать основные положения представленных докладов. Уметь находить и использовать литературные первоисточники, учебники, пособия по данному курсу, читать, анализировать и представлять аналитические доклады по данному курсу; уметь работать (читать и анализировать) иностранную научную литературу.</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>навыками грамотно (как с точки зрения русского языка и так с точки зрения профессиональной компетенции) излагать материал; иметь навыки выступлений и публичного отстаивания своих научных заявлений; подготовки и написания научных статей, докладов и представления их на семинары и совещания. Иметь навыки работы с современной информационной техникой.</p>
ПК-27		

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (ЗЕТ), 144 ака-

демических часа.

Таблица 4.1

**Объём дисциплины по видам учебных занятий (в соответствии с учебным планом)**

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		10
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>		
занятия лекционного типа	17	
занятия семинарского типа	34	
в том числе: семинары	34	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>39</b>	
изучение теоретического курса	39	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	54	экзамен

**Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины**

Таблица 4.2

№ модуля образовательной программы*	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
	1	Особенности технологии ядерных материалов	2	4		2	8	ПК-27
	2	Добыча и переработка природного урансодержащего сырья	6	12		12	30	ПК-27
	3	Технология топливного цикла	9	18		25	52	ПК-3
<b>ИТОГО:</b>			17	34		39	90	

**4.2 Содержание дисциплины**

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет 33 %.

**Лекционный курс**

Таблица 4.3

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, акад. Часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Особенности технологии ядерных материалов	1	-
2	2	Развитие сырьевой базы ядерной энергетики	1	1

3	2	Добыча и переработка природного урансодержащего сырья	4	2
4	3	Аффинаж	1	0,5
5	3	Производство гексафторида урана	1	-
6	3	Разделение изотопов	3	0,5
7	3	Изготовление топлива АЭС	1	-
8	3	Эксплуатация топлива на атомных станциях	1,5	0,5
9	3	Обращение с ядерным топливом после использования в энергетическом реакторе	1,5	0,5
10	3	Переработка и захоронение радиоактивных отходов	2	-
Итого:			17	5

### Практические занятия

Таблица 4.4

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Особенности технологии ядерных материалов	2	1
2	1	Развитие сырьевой базы ядерной энергетики	2	1
3	2	Добыча и переработка природного урансодержащего сырья	6	2
4	3	Аффинаж	2	1
5	3	Производство гексафторида урана	2	1
6	3	Разделение изотопов	8	1
7	3	Изготовление топлива АЭС	2	1
8	3	Эксплуатация топлива на атомных станциях	4	1
9	3	Обращение с ядерным топливом после использования в энергетическом реакторе	2	1
10	3	Переработка и захоронение радиоактивных отходов	4	2
Итого:			<b>34</b>	<b>12</b>

### Лабораторные работы

Таблица 4.5

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
учебным планом не предусмотрены				

### Самостоятельная работа студента

Таблица 4.6

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1	Особенности технологии ядерных материалов	4

1	2	Развитие сырьевой базы ядерной энергетики	товка к семинарскому занятию по указанной теме	4
2	3	Добыча и переработка природного урансодержащего сырья		4
3	4	Аффинаж		2
3	5	Производство гексафторида урана		2
3	6	Разделение изотопов		10
3	7	Изготовление топлива АЭС		4
3	8	Эксплуатация топлива на атомных станциях		3
3	9	Обращение с ядерным топливом после использования в энергетическом реакторе		3
	10	Переработка и захоронение радиоактивных отходов		3
ИТОГО:				

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Все лекции представлены в форме презентаций и поэтому студенты работают не только с конспектами, но и с презентациями в электронном виде.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Изучение литературных источников. Работа с конспектом лекций. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме.
Подготовка зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на электронные презентации и конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором в форме устных опросов (собеседование).

**Промежуточный контроль** студентов производится в форме устных опросов.

**Итоговый контроль** по результатам семестра по дисциплине проходит в форме устного экзамена.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

(Указывается перечень внутривузовской и внешней литературы. В качестве внутривузовской литературы должны быть указаны: электронный конспект, методические указания к лабораторным работам и т.д.).

В перечень основной литературы включаются издания, имеющиеся в фондах библиотеки ДИТИ НИЯУ МИФИ (в электронно-библиотечной системе и (или) библиотеке ДИТИ НИЯУ МИФИ).

Если издания в электронно-библиотечных системах отсутствуют, то имеющиеся в книжном фонде библиотеки ДИТИ НИЯУ МИФИ издания должны быть в наличии не менее 50 экземпляров каждого из изданий основной литературы, перечисленной в рабочих программах дисциплин, на 100 обучающихся и не менее 25 экземпляров дополнительной литературы на 100 обучающихся.

Список дополнительной литературы может включать следующие типы изданий: учебники; учебные пособия; справочно-библиографическую литературу: отраслевые энциклопедии, отраслевые справочники (по профилю образовательной программы), отраслевые словари (по профилю образовательной программы), библиографические пособия; научную литературу. Список периодических изданий должен включать перечень необходимых журналов по профилю дисциплины, имеющихся в библиотеке.

**В обязательном порядке следует указывать ссылки на ресурсы электронных библиотечных систем, доступных для использования в ДИТИ НИЯУ МИФИ!**

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	А. А. Андрианов	Ядерные технологии: история, состояние, перспективы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. А. Андрианов [и др.] ; ред. Е. Н. Кочубей. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. <a href="http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Andrianov_Yadernye_tehnologii_istoriya_sostoyanie_perspektivy_2012.pdf">http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Andrianov_Yadernye_tehnologii_istoriya_sostoyanie_perspektivy_2012.pdf</a>	М.	МИФИ	2012	1
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Апсе В.А.	Введение в экологию и экономику энергетики: Учебное пособие Ядерные технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. А. Апсэ, А. Н. Шмелев. - Москва : МИФИ, 2008. <a href="http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Apse_Yadernye_tehnologii_2008.pdf">http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Apse_Yadernye_tehnologii_2008.pdf</a>	М.	МИФИ	2008	1
2	Лебедев В.М.	Ядерный топливный цикл: Технологии, безопасность, экономика	М	Энергоатомиздат	2005	20

## 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

BP Statistical Review of World Energy 2014. [bp.com/en...bp/energy...statistical-review-of-world...](http://bp.com/en...bp/energy...statistical-review-of-world...)

### 7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Чтение лекций с использованием мультимедийных слайд-презентаций, электронный курс лекций, видео- и аудиоматериалы

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),

2. Практические занятия (семинарского типа):

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы),

## 9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

### Структура текущего и промежуточного контроля

Информация о контрольных точках	Текущий контроль(<=25) (ТК)						Промежуточный контроль (<=30) (ПК)		Форма итогового контроля
	ТК <sub>1</sub>	ТК <sub>2</sub>	ТК <sub>3</sub>	ТК <sub>4</sub>	ТК <sub>5</sub>	ТК <sub>6</sub>	ПК <sub>1</sub>	ПК <sub>2</sub>	
Форма контроля	ТЗ, ЛЗ	ТЗ, ЛЗ	<b>ТЗ, ЛЗ</b>	ТЗ, ЛЗ	ТЗ, ЛЗ	<b>ТЗ, ЛЗ</b>	<i>Самостоятельная работа</i>	<i>Самостоятельная работа</i>	экзамен
Неделя сдачи	2	5	<b>7</b>	10	12	<b>17</b>	10	15	
Максимальный балл	3	3	<b>7</b>	3	3	<b>6</b>	15	15	40

**Примечание:** В целях удобства организации текущего контроля учет посещаемости студентов в баллах вписывается в данную таблицу только два раза (включается в ТК<sub>3</sub> и ТК<sub>6</sub>), подводя итоги посещаемости на этапах текущих контролей 1. (ТК<sub>1</sub>, ТК<sub>2</sub>, ТК<sub>3</sub>); 2. (ТК<sub>4</sub>, ТК<sub>5</sub>, ТК<sub>6</sub>). При этом максимальный балл за посещаемость на каждом этапе составляет 4 б.

### Структура баллов, начисляемых студентам по результатам текущего контроля и промежуточного контроля

№ п/п	Наименование видов учебной работы	Начисляемое количество баллов (долей баллов)	Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы
	<b>РАЗДЕЛЫ 1-2</b>		
1	<b>Текущий контроль 1:</b> собеседование		3
2	<b>Текущий контроль 2:</b> собеседование		3



3	<b>Текущий контроль 3:</b> собеседование		3
4	Посещение лекций	0,25 балла за лекцию	2
5	Посещение практических занятий	0,25 балла за практическое занятие	2
6	<b>Промежуточный контроль по разделам 1-2</b>	<b>Самостоятельная работа</b>	15
	<b>РАЗДЕЛ 3</b>		
7	<b>Текущий контроль 4:</b> собеседование		3
8	<b>Текущий контроль 5:</b> собеседование		3
9	<b>Текущий контроль 6:</b> собеседование		2
10	Посещение лекций	0,25 балла за лекцию	2
11	Посещение практических занятий	0,25 балла за практическое занятие	2
12	<b>Промежуточный контроль по разделу 3</b>	<b>Самостоятельная работа</b>	15
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ ЗА СЕМЕСТР:</b>		<b>55</b>

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан \_\_\_\_\_ факультета

\_\_\_\_\_  
*(в состав которого входит кафедра-составитель)*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий выпускающей кафедрой**

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

**Декан**

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета, где производится обучение,      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

**Начальник УМУ**

\_\_\_\_\_  
*личная подпись      расшифровка подписи      дата*

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина Ядерные технологии относится к базовой части блока 1 профессионального модуля учебного плана подготовки студентов по специальности 14.05.01-Ядерные реакторы и материалы, специализация Ядерные реакторы. Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой (кафедрами) Ядерные реакторы и материалы.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-1(способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу), профессиональных компетенций ПК-5 (способность оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах выпускника), ПК-27 (способностью понимать современные профессиональные проблемы, современные ядерные технологии, научно-техническую политику ядерной сферы деятельности).

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов:

- Особенности технологии ядерных материалов.
- Развитие сырьевой базы ядерной энергетики.
- Добыча и переработка природного урансодержащего сырья.
- Аффинаж.
- Производство гексафторида урана.
- Разделение изотопов.
- Изготовление топлива АЭС.
- Эксплуатация топлива на атомных станциях.
- Обращение с ядерным топливом после использования в энергетическом реакторе.
- Переработка и захоронение радиоактивных отходов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме собеседования, промежуточный контроль в форме собеседования и итоговый контроль в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (17 часов), практические (34 часа) и 39 часов самостоятельной работы студента.

**Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов основывается на конспектах лекций, прочитанных преподавателем, основной и дополнительной литературе. При необходимости студенты могут консультироваться с преподавателем по тематике дисциплины, а также по другим смежным дисциплинам.

При желании студенты могут подготовить и представить на рассмотрение преподавателя реферат по интересующим их вопросам.

**Фонд оценочных средств дисциплины**

1. Экзаменационные билеты.
2. Тест.

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов, из них 34 часа аудиторных занятий и 74 часа, отведенных на самостоятельную работу студента.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме.
Подготовка зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

## **ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ**

### **Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя**

#### **I. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: электронные лекции, использование мультимедийной техники, демонстрация аудиозаписей и видеofilьмов.

**Информационные технологии:** использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям.

#### **II. Виды и содержание учебных занятий**

**Теоретические занятия (лекции информационного типа) – 17 часов.**

Раздел 1. Особенности технологии ядерных материалов.

Лекция 1. Особенности технологии ядерных материалов

Четыре специфических особенности ядерного топливного цикла. Химическая термодинамика, химическая кинетика, массообмен. Общепромышленные направления развития технологий: совмещенные технологические процессы, комплексная переработка минерального сырья.

Раздел 2. Добыча и переработка природного урансодержащего сырья

Лекция 2. Развитие сырьевой базы ядерной энергетики. Основные понятия и определения.

Лекция 3. Добыча и переработка природного урансодержащего сырья. Основные методы добычи минерального сырья: подземный шахтный или штрековый, открытый карьерный и подземное выщелачивание. Гидрометаллургия. Технологическая схема переработки уранового сырья.

Лекция 4. Аффинаж. Основные положения, основные методы экстракции, аффинаж урана в ядерном топливном цикле России.

Лекция 5. Производство гексафторида урана. Понятие о гексафториде урана, схемы его получения. Технология получения гексафторида урана на заводах России.

Лекция 6. Разделение изотопов. Основные понятия. Разделение изотопов урана методом газовой диффузии. Разделение изотопов урана методом газового центрифугирования. Физические основы метода. Лазерный и химический методы разделения изотопов. Переработка отвалов изотопно-разделительного производства. Очистка отбора гексафторида урана и извлечение из разделительного каскада.

Лекция 7. Изготовление топлива АЭС. Оксидное топливо энергетических реакторов. Химический состав порошка диоксида урана. Физико-химические свойства порошка диоксида урана керамического сорта. Технологические свойства порошка диоксида урана. Структурно-функциональная схема производства энергетических тепловыделяющих сборок из природного урана. Характеристика переменных для экономико-математического моделирования производства. Технология производства оксидов урана керамического сорта. Переработка циркониевого сырья до конструкционных деталей твэлов. Основные причины разрушения оболочек твэлов, обусловленные технологией их изготовления. Изготовление твэлов и тепловыделяющих сборок.

Лекция 8. Эксплуатация топлива на атомных станциях. Ядерный реактор и использование топлива. Потребности АЭС в топливе.

Лекция 9. Обращение с ядерным топливом после использования в энергетическом реакторе. Место переработки топлива в ядерном топливном цикле. Особенности радиохимической технологии. Способы переработки топлива. Технологические схемы переработки топлива с использованием водных процессов. Влияние времени выдержки топлива на переработку. Маневренность технологии и наращивание производственных мощностей. Изготовление топлива из регенерированных материалов.

Лекция 10. Переработка и захоронение радиоактивных отходов. Разделение отходов. Газообразные отходы. Жидкие отходы. Твердые отходы. Замкнутый топливный цикл. Завершающая стадия использования ядерного топлива.

### **Практические и семинарские занятия - 34 часа.**

Раздел 1. Особенности технологии ядерных материалов.

Занятие 1. Особенности технологии ядерных материалов. Четыре специфических особенности ядерного топливного цикла. Химическая термодинамика, химическая кинетика, массообмен. Общепромышленные направления развития технологий: совмещенные технологические процессы, комплексная переработка минерального сырья.

Раздел 2. Добыча и переработка природного урансодержащего сырья

Занятие 2. Развитие сырьевой базы ядерной энергетики. Основные понятия и определения.

Занятие 3. Добыча и переработка природного урансодержащего сырья. Основные методы добычи минерального сырья: подземный шахтный или штрековый, открытый карьерный и подземное выщелачивание. Гидрометаллургия. Технологическая схема переработки уранового сырья.

Занятие 4. Аффинаж. Основные положения, основные методы экстракции, аффинаж урана в ядерном топливном цикле России.

Занятие 5. Производство гексафторида урана. Понятие о гексафториде урана, схемы его получения. Технология получения гексафторида урана на заводах России.

Занятие 6. Разделение изотопов. Основные понятия. Разделение изотопов урана методом газовой диффузии. Разделение изотопов урана методом газового центрифугирования. Физические основы метода. Лазерный и химический методы разделения изотопов. Переработка отвалов изотопно-разделительного производства. Очистка отбора гексафторида урана и извлечение из разделительного каскада.

Занятие 7. Изготовление топлива АЭС. Оксидное топливо энергетических реакторов. Химический состав порошка диоксида урана. Физико-химические свойства порошка диоксида урана керамического сорта. Технологические свойства порошка диоксида урана. Структурно-функциональная схема производства энергетических тепловыделяющих сборок из природного урана. Характеристика переменных для экономико-математического моделирования производства. Технология производства оксидов урана керамического сорта. Переработка циркониевого сырья до конструкционных деталей ТВЭЛов. Основные причины разрушения оболочек ТВЭЛов, обусловленные технологией их изготовления. Изготовление ТВЭЛов и тепловыделяющих сборок. Демонстрация видеофильма «RIAR and DDP» на английском языке (НИИАР, Димитровград, 2002).

Занятие 8. Эксплуатация топлива на атомных станциях. Ядерный реактор и использование топлива. Потребности АЭС в топливе. Демонстрация видеофильма «Эксплуатация ядерного топлива» (ДИТУД УлГТУ, Димитровград, 2003).

Занятие 9. Обращение с ядерным топливом после использования в энергетическом реакторе. Место переработки топлива в ядерном топливном цикле. Особенности радиохимической технологии. Способы переработки топлива. Технологические схемы переработки топлива с использованием водных процессов. Влияние времени выдержки топлива на переработку. Маневренность технологии и наращивание производственных мощностей. Изготовление топлива из регенерированных материалов.

Занятие 10. Переработка и захоронение радиоактивных отходов. Разделение отходов. Газообразные отходы. Жидкие отходы. Твердые отходы. Замкнутый топливный цикл. Завершающая стадия использования ядерного топлива.