

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**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**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**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)
10	2	72	16	0	0	0	56	Зач.
Итого	2	72	16	0	0	0	56	

## Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Современные проблемы ядерных технологий» 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 физико-химические основы технологических процессов радиохимического, сублиматного, разделительного, химико-металлургического и других производств предприятий Госкорпорации «Росатом»;

3.2 технологические схемы основных переделов вышеуказанных производств и технологическое оборудование;

3.3 принципы разработки технологических схем производства, основы контроля и автоматизации технологических процессов;

3.4 основные проблемы, имеющиеся на предприятиях ядерно-топливного цикла Госкорпорации «Росатом», а также методы их решения;

3.5 вопросы ядерной, радиационной, химической и экологической безопасности данных производств

### 2) **уметь:**

У.1 анализировать технологические процессы, находить недостатки и предложить методы их устранения;

У.2 проектировать технологические процессы, разрабатывать схемы технологических процессов, осуществлять подбор оборудования

### 3) **владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

В.1 способностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе;

В.2 способностью находить организационно-управленческие решения;

В.3 методиками расчета и проектирования технологических процессов и оборудования;

В.4 владеть и использовать в ходе выполнения работ научно-техническую информацию, Internet-ресурсы, базы данных и каталоги, электронные журналы и патенты, поисковые ресурсы и др. в области высокотехнологического производства, в том числе, на иностранном языке.

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Современные проблемы ядерных технологий» являются:

ознакомление будущих инженеров с основными проблемами, имеющимися на предприятиях ядерно-топливного цикла Госкорпорации «Росатом», а также методами их решения

Основными задачами дисциплины являются:

- формирование у студентов научного представления о проблемах, имеющихся в технологиях получения урана, плутония и других материалов, входящих в задачу специальности 18.05.02;

- освоение будущими выпускниками научно обоснованных методов решения проблем, имеющих в настоящее время на предприятиях Госкорпорации «Росатом»;
- привитие выпускникам практических навыков для будущей работы на предприятиях Госкорпорации «Росатом», в проектной и научно-исследовательской работе.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Современные проблемы ядерных технологий» (Б1.В.ОД.1.11) - 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
<b>тип задач профессиональной деятельности: технологический</b>			
Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями 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	<b>ПК-2.2</b> 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	<b>З-ПК-2.2</b> Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов <b>У-ПК-2.2</b> Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов <b>В-ПК-2.2</b> 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
	радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов		

#### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Современные проблемы ядерных технологий» 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 – 2, 72 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 10**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Проблемы переработки ядерных материалов на предприятиях ЯТЦ»
- **раздел 2** – «Проблемы переработки отходов на предприятиях ЯТЦ»

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)	
<b>10 семестр (17 недель)</b>								
1	Проблемы переработки ядерных материалов на	8			28		11/РГЗ1	30

	предприятиях ЯТЦ						
2	Проблемы переработки отходов на предприятиях ЯТЦ	8			28		15/РГ32 30
	Зачет						40
<b>Итого за 10 семестр:</b>		16			56		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

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Номера разделов</b>	<b>Аттестационные мероприятия</b>
– Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов ( <b>З-ПК-2.2</b> )	1, 2	РГ31, РГ32, Зачет (10 сем.)
– Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов ( <b>У-ПК-2.2</b> )	1, 2	РГ31, РГ32, Зачет (10 сем.)
– Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов ( <b>В-ПК-2.2</b> )	1, 2	РГ31, РГ32, Зачет (10 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
<b>Раздел 1 Проблемы переработки ядерных материалов на предприятиях ЯТЦ</b>	
<b>1.1 Проблемы аффинажного и радиохимического производств.</b> Разработка и описание технологической схемы азотнокислого растворения концентратов урана и их подготовки к экстракционному аффинажу. Материальный, тепловой и конструктивный расчет аппарата для растворения концентратов урана.	2
<b>1.2 Проблемы сублиматного производства.</b> Разработка и описание технологических схем для десублимации и конденсации ГФУ. Технологический расчет процессов десублимации и конденсации ГФУ.	2
<b>1.3 Проблемы изотопно-разделительного производства.</b>	2
<b>1.4 Проблемы химико-металлургического производства.</b> Разработка и описание технологической схемы получения уран-плутониевого нитридного топлива	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	8

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 2 Проблемы переработки отходов на предприятиях ЯТЦ</b>	
<b>2.1 Проблема переработки отвального гексафторида урана (ОГФУ). Возможные способы переработки.</b>	2
<b>2.2 Конверсия ОГФУ термическим методом. Технология завода W-3.</b> Разработка и описание технологической схемы термической конверсии ОГФУ (вариант W-3)	2
<b>2.3 Переработка продуктов конверсии ОГФУ с получением безводного фтороводорода.</b> Материальный расчет печи конверсии ОГФУ. Тепловой расчет печи конверсии ОГФУ. Конструктивный расчет печи конверсии ОГФУ	2
<b>2.4 Способы вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов.</b>	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	8
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>16</b>

### 5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Практические/семинарские занятия в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

### 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, Методы проблемного обучения, Опережающая самостоятельная работа, Поисковый метод.

## 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	РГ31, РГ32, Зачет (10 сем.)
ПК-2.2	У-ПК-2.2	РГ31, РГ32, Зачет (10 сем.)
ПК-2.2	В-ПК-2.2	РГ31, РГ32, Зачет (10 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 Зачета.

#### Аттестация в 10 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
РГ31	Расчетно-графическое задание	30	18
РГ32	Расчетно-графическое задание	30	18
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Зачет		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

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 Зачета (10 семестр):

1 Анализ существующих технологии и оборудования процесса растворения концентратов урана и подготовки растворов к аффинажу.

- 2 Анализ существующих технологии и оборудования процесса аффинажа растворов уранилнитрата (колонный вариант).
- 3 Анализ существующих технологии и оборудования процесса аффинажа растворов уранилнитрата (центробежный вариант).
- 4 Проблемы пыле- и газоочистки на радиохимическом заводе.
- 5 Анализ существующих технологии и оборудования процесса получения фтороводорода.
- 6 Анализ существующих технологии и оборудования процесса получения фтора.
- 7 Анализ существующих технологии и оборудования процесса получения оксидов урана.
- 8 Анализ существующих технологии и оборудования процесса получения тетра- и гексафторида урана.
- 9 Проблемы пыле- и газоочистки на сублиматном заводе.
- 10 Анализ существующих технологии и оборудования процесса разделения изотопов урана на центробежных каскадах.
- 11 Анализ существующих технологии и оборудования процесса очистки уран- и фторсодержащих газов, образующихся после разделительного производства.
- 12 Анализ существующих технологии и оборудования процессов получения металлических урана и плутония.
- 13 Анализ существующих технологии и оборудования процесса фабрикации смешанного нитридного топлива из оксидов урана и плутония.
- 14 Проблема переработки отвалного гексафторида урана (ОГФУ).
- 15 Возможные способы переработки ОГФУ.
- 16 Конверсия ОГФУ термическим методом. Технология завода W-3.
- 17 Технология завода W-3. Преимущества и недостатки технологии и оборудования.
- 18 Переработка продуктов конверсии ОГФУ с получением безводного фтороводорода.
- 19 Способы вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов.
- 20 Консервация промышленных уран-графитовых реакторов на АО «СХК».

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

Л1.1 Копырин А. А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива [Текст]: учебное пособие для вузов / А. А. Копырин, А. И. Карелин, В. А. Карелин - М.: АтомЭнергоИздат, 2006 - 573, [3] с.

Л1.2 Неводные методы переработки оксидных тепловыделяющих элементов / Министерство образования и науки РФ ; Томский государственный университет, Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова ; Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ" - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012Ч. 1: Фторирование оксидов урана и десублимация гексафторида урана: Ч. 1: Фторирование оксидов урана и десублимация гексафторида урана / Е. П. Мариненко, В. И. Сачков, В. А. Хохлов - 122, [2] с.

Л1.3 Неводные методы переработки оксидных тепловыделяющих элементов / Министерство образования и науки РФ ; Томский государственный университет, Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова ; Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ" - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012Ч. 2: Теория и практика ректификационной и сорбционно-термической очистки гексафторида урана от примесей: Ч. 2: Теория и практика ректификационной и сорбционно-термической очистки гексафторида урана от примесей [Текст] / А. С. Буйновский [и др.] - 169, [1] с.



Л1.4 Пронкин Н. С. Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла [Текст]: учебное пособие / Н. С. Пронкин - М.: Логос, 2013 - 417, [3] с.

Л1.5 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.

## **8.2 Дополнительная литература**

Л2.1 Дмитриев С. А. Обращение с радиоактивными отходами: учебное пособие / С. А. Дмитриев, С. В. Стефановский; Министерство образования Российской Федерации; Российский химико-технологический университет им. Д. М. Менделеева - М.: РХТУ, 2000 - 124 с.

Л2.2 Сваровский А. Я. Обращение с отработавшим ядерным топливом АЭС в России [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Я. Сваровский; Федеральное агентство по образованию, Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ ; под ред. В. П. Пищулина - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2011 - 115, [1] с.

Л2.3 Сваровский А. Я. Обращение с отработавшим ядерным топливом АЭС в России: учебное пособие / А. Я. Сваровский; Федеральное агентство по образованию, Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ ; науч. ред. В. П. Пищулин - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2011 - 115, [1] с.

Л2.4 Скачек М. А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС: учебное пособие для вузов / М. А. Скачек - М.: Изд-во МЭИ, 2007 - 448 с.

Л2.5 Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС: учебное пособие / Скачек М.А. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2007 - 448 с.

Л2.6 Тураев Н. С. Химия и технология урана [Текст] / Н. С. Тураев, И. И. Жерин; Федеральное агентство по образованию; Томский политехнический университет; под ред. А. М. Чекмарева - М.: Руда и металлы, 2006 - 396, [2] с.

## **8.3 Информационно-образовательные ресурсы**

Э1 American Chemical Society (ACS) – Режим доступа: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)

Э2 The Royal Society of Chemistry (RSC) – Режим доступа: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)

Э3 Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э4 Журнал неорганической химии – Режим доступа: <http://www.maikonline.com/maik/showIssues.do?juid=DX09DSQS>

Э5 Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

## **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.

**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, 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
- Выполнение расчетных работ
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (10 семестр)

В течение 10 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете 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.Л. Софронов