

**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**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДНОГО УРАНА И ТОРИЯ**

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)
8	5	180	32	32	16	20	100	Экз.
Итого	5	180	32	32	16	20	100	

## Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Технология природного урана и тория» 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:**

- З.1 названия минералов, содержащих уран, торий и их состав
- З.2 химические свойства урана, тория и их соединений
- З.3 физико-химические основы процессов, применяемых при выделении и очистке соединений урана и тория
- З.4 технологии получения соединений урана и тория
- З.5 применение соединений урана, тория в атомной промышленности и в других областях

**2) уметь:**

- У.1 составлять технологические схемы переработки урансодержащего сырья
- У.2 самостоятельно делать выбор оборудования для осуществления технологических операций
- У.3 понимать и объяснять особенности физико-химических процессов измельчения, спекания, выщелачивания, осаждения, экстракции, электролиза, металлотермического восстановления и дистилляции

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

- В.1 технологические приемы проведения операций обогащения, выделения урана и тория из их концентратов, получения чистых соединений, а также металлов и способы их рафинирования

### **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Технология природного урана и тория» являются:

- получение систематических знаний в области химии урана, тория
- научиться выявлять особенности химического поведения, причины сходства и различия в их свойствах, дать физико-химическое обоснование технологических процессов, рассмотреть наиболее типичные и эффективные схемы переработки урановых руд и перспективные способы производства.

Основными задачами дисциплины являются:

формирование у студентов способности взглянуть на предмет изучения глазами его носителя, что в свою очередь предполагает не только знание основ химической технологии, аппаратного оформления того или иного процесса, но и понимание необходимости внесения специфических особенностей, характерных и присущих только технологии урана и тория

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Технология природного урана и тория» (Б1.В.ОД.1.5) - Профессиональный модуль образовательной программы.

Данная дисциплина является базой для выполнения дипломного проектирования, УИР, НИР, а также при практической работе выпускников по специальности.

## 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	<p><b>З-УКЕ-1</b> знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p><b>У-УКЕ-1</b> уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи</p> <p><b>В-УКЕ-1</b> владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами</p>

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 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, содержащие изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы	<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	<p><b>З-ПК-2.2</b> Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов</p> <p><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</p> <p><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</p>

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
	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		

#### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Технология природного урана и тория» 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 – 5, 180 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 8**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Технология урана и тория (гидрометаллургия)»
- **раздел 2** – «Технология получения фтористых соединений урана»

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>8 семестр (16 недель)</b>								
1	Технология урана и тория (гидрометаллургия)	18	22	16	46	9/ЛР1, 9/Т1, 11/ЛР2, 11/Т2, 13/ЛР3, 13/Т3, 15/ЛР4, 15/Т4, 7/ДЗ1, 9/ДЗ2	15/КР1	37
2	Технология получения фтористых соединений урана	14	10		18	12/ДЗ3, 13/ДЗ4, 16/ДЗ5	16/КР2	23
	Экзамен				36			40
<b>Итого за 8 семестр:</b>		32	32	16	100			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 ( <b>З-ПК-2.2</b> )	1, 2	ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 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	ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 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	ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2
– знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования ( <b>З-УКЕ-1</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 сем.)

– уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи ( <b>У-УКЕ-1</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 сем.)
– владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами ( <b>В-УКЕ-1</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2

## 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 Технология урана и тория (гидрометаллургия)</b>	
<b>1.1 Предмет и задачи дисциплины.</b> Роль дисциплины в подготовке инженеров-технологов. Связь изучаемой дисциплины с другими специальными дисциплинами. Литература. Краткая история развития урановой промышленности и создания Сибирского химического комбината. Области применения урана и тория.	1
<b>1.2 Геохимия, месторождения, руды и минералы урана.</b> Распространенность урана в природе. Образование месторождений и их классификация. Основные урановые руды и минералы. Технологическая характеристика урана из различных его месторождений. Доисторические природные ядерные реакторы. Феномен «Окло».	1
<b>1.3 Методы разработки урановых месторождений.</b> Классификация методов. Разработка месторождений подземным способом. Камерно-столбовая система. Разработка месторождений открытым (карьерным) способом. Примеры организации горных работ в разных странах. Тенденции развития промышленности добычи урана. Механическая переработка и обогащение урановых руд. Дробление, измельчение, классификация. Методы обогащения урановых руд. Классификация методов. Радиометрическое обогащение, лазерное, гравитационное и флотационное обогащение.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>1.4 Химическое выщелачивание урана из руд.</b> Физико-химические основы процесса. Зависимость скорости выщелачивания от различных факторов. Кислотное выщелачивание. Выщелачивание три- и диоксида урана. Расход серной кислоты и поведение примесей. Карбонатное выщелачивание. Расход соды и поведение примесей. Аппаратурное оформление выщелачивания. Перколяционный метод выщелачивания. Кучное выщелачивание как разновидность перколяционного метода. Агитационный метод. Автоклавное выщелачивание как разновидность агитационного метода. Подземное выщелачивание через скважины и в шахтных блоках. Бактериальное выщелачивание.	4
<b>1.5 Ионообменная сорбция урана из рудных растворов и пульп.</b> Физико-химические основы процесса. Характеристика и классификация ионитов. Статика и динамика сорбции. Аппаратурное оформление сорбции. Сорбция из осветленных растворов. Сорбция из пульп. Новые типы сорбционных аппаратов.	2
<b>1.6 Экстракция урана из рудных растворов.</b> Физико-химические основы процесса. Характеристика и классификация экстрагентов. Статика экстракции. Аппаратурное оформление экстракции.	2
<b>1.7 Осаждение урана из растворов (производство химических концентратов).</b> Теоретические основы процесса. Осаждение из растворов после выщелачивания. Осаждение из десорбатов и реэкстрактов. Аппаратура для осаждения и сушки концентратов урана.	1
<b>1.8 Получение чистых солей урана из концентратов (аффинаж).</b> Экстракционный аффинаж с использованием ТБФ. Осадительный аффинаж урана.	2
<b>1.9 Производство оксидов урана.</b> Характеристика оксидов и области их применения. Получение триоксида из уранилнитрата (денитрация). Получение оксидов из оксалатов и из аммонийуранилтрикарбоната. Восстановление высших оксидов до диоксида урана. Аппаратурное оформление денитрации и восстановления триоксида до диоксида урана.	1
<b>1.10 Ресурсы и переработка ториевого сырья.</b> Сырьевая база тория. Потребность в тории. Разработка месторождений и переработка ториевого сырья. Переработка монацитовых концентратов. Разложение монацита серной кислотой. Извлечение тория и РЗЭ из сернокислых растворов. Особенности разложения монацита с помощью NaOH. Получение чистых соединений тория.	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>18</i>
<b>Раздел 2 Технология получения фтористых соединений урана</b>	
<b>2.1 Фторирующие реагенты.</b> Сырьевые источники для получения фторирующих реагентов. Фторсодержащие руды и минералы. Выбор фторсодержащих руд и минералов. Безводный фтороводород и фтористоводородная кислота. Физико-химические свойства.	1
<b>2.2 Производство безводного фтороводорода.</b> Способы получения. Производство безводного фтороводорода сульфатизацией флюорита.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>2.3 Производство фтора.</b> Состав электролита. Анодные материалы. Промышленные электролизеры. Очистка фтора. Получение сжатого фтора. Улавливание фтора из сбросных газов. Абсорбционные способы улавливания. Поглощение фтора растворами щелочей. Улавливание фтора на натронной извести. Улавливание фтора на активированном оксиде алюминия. Методы анализа фтора. Конструкционные материалы, применяемые во фторидных технологиях	2
<b>2.4 Общая характеристика фторидов урана и тория и их производство.</b> Основные определения. Производство фторидов урана и тория. Гидрометаллургические методы. Пирометаллургические (термические) методы.	1
<b>2.5 Технология тетрафторида урана.</b> Физико-химические свойства тетрафторида урана. Получение тетрафторида урана из диоксида термическими методами. Термодинамика и кинетика процесса гидрофторирования. Гидрофторирование в шнековых реакторах. Гидрофторирование в “кипящем” слое. Применение для гидрофторирования виброреакторов. Гидрофторирование диоксида урана плавиковой кислотой. Применение фторидов аммония для фторирования. Использование фреонов в процессе фторирования. Получение тетрафторида урана восстановлением его гексафторида. Сравнение достоинств и недостатков гидрометаллургических и термических методов получения тетрафторида урана.	2
<b>2.6 Технология получения гексафторида урана.</b> Общая характеристика и физико-химические свойства. Способы получения и использование элементного фтора для фторирования соединений урана. Технология получения гексафторида урана методами прямого фторирования. Термодинамические и кинетические обоснования фторирования. Влияние температуры и парциального давления фтора на процесс фторирования. Чистота гексафторида урана и поведение примесей при фторировании. Конструкции аппаратов и технологические схемы получения гексафторида урана. Фторирование в шнековых реакторах. Фторирование в пламенных реакторах. Фторирование оксидов урана. Выделение гексафторида урана из газовой фазы после фторирования. Вымораживание в виде твердого вещества. Конденсация в жидком виде. Абсорбция инертными растворителями. Очистка отходящих газов. Требования к гексафториду урана. Методы отделения гексафторидов U от летучих фторидов. Сорбционные методы. Сорбция на фторидах натрия и кальция.	4
<b>2.7 Переработка обедненного гексафторида урана (ОГФУ).</b> Цель переработки и виды перерабатываемого продукта. Гидролиз гексафторида урана в водной среде. Восстановление гексафторида урана водородом. Превращение гексафторида урана в диоксид в пламенном реакторе. Пирогидролиз UF <sub>6</sub> . Кинетика процесса пирогидролиза и восстановления. Получение U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> или диоксида урана из гексафторида урана, обедненного изотопом U <sup>235</sup> .	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	14
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>32</b>



### 5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Технология урана и тория (гидрометаллургия)</b>	
<b>1.1 Инструктаж и правила поведения в радиохимической лаборатории.</b>	1
<b>1.2 Экспрессный ферро-фосфатно-ванадатный метод определения урана.</b> Метод основан на титровании U (IV) ванадатом аммония в присутствии дифениламиносульфоната натрия, как индикатора. Результаты работы, оформляют в виде отчета, содержащего цель работы, теоретическую часть с указанием уравнений реакций, практическую часть с ходом работы, результатами, расчетом ошибки опыта и выводами. Концентрацию урана в растворе выразите в виде г/дм <sup>3</sup> по урану и г/дм <sup>3</sup> по соли урана (UO <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).	3
<b>1.3 Фотометрическое определения урана в растворах.</b> Методика основана на фотометрическом методе определения массовой доли урана общего с использованием реактива арсеназо III, образующего с ионами уранила окрашенное соединение в сильнокислой среде. Результаты работы, оформляют в виде отчета, содержащего цель работы, теоретическую часть, практическую часть с ходом работы, результатами, расчетом ошибки опыта и выводами.	4
<b>1.4 Экстракция урана трибутилфосфатом.</b> Цель работы: провести экстракционное извлечение урана (6+) из нитратного раствора трибутилфосфатом в синтине или керосине с высаливателем и без высаливателя, определить коэффициент распределения урана, выяснить влияние высаливателя на величину коэффициента распределения. Результаты работы, оформляют в виде отчета, содержащего цель работы, теоретическую часть, практическую часть с ходом работы, результатами, расчетом ошибки опыта и выводами.	4
<b>1.5 Построение изотермы экстракции урана.</b> Цель работы: построение изотермы сорбции урана и определение количества ступеней сорбции. Результаты работы, оформляют в виде отчета, содержащего цель работы, теоретическую часть, практическую часть с ходом работы, результатами, расчетом ошибки опыта и выводами.	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>	<b>16</b>

### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Технология урана и тория (гидрометаллургия)</b>	
<b>1.1 Расчет радиоактивности природных радионуклидов.</b>	2
<b>1.2 Ядерные реакции в уран-плутониевом и уран-ториевом топливном цикле.</b>	2
<b>1.3 Расчет потребности в уране-235.</b>	2
<b>1.4 Ядерно-топливный цикл. Варианты открытых и закрытых топливных циклов</b>	4
<b>1.5 Расчеты процесса обогащения урановой руды.</b>	2
<b>1.6 Расчет процесса измельчения и классификации.</b>	2
<b>1.7 Расчет процесса сернокислотного выщелачивания урана.. Составление шламовых схем. Определение расходных коэффициентов.</b>	4
<b>1.8 Расчет процесса получения оксидов урана.</b>	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	22
<b>Раздел 2 Технология получения фтористых соединений урана</b>	
<b>2.1 Расчет процесса получения безводного HF.</b>	2
<b>2.2 Расчет процесса получения элементного фтора.</b>	2
<b>2.3 Расчет процесса получения тетрафторида урана.</b>	2
<b>2.4 Расчет процесса получения гексафторида урана.</b>	4
<i>Итого по разделу 2:</i>	10
<b>Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:</b>	<b>32</b>

### 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.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Опережающая самостоятельная работа, Исследовательский метод.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Методы проблемного обучения, Поисковый метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Работа в команде, Методы проблемного обучения, Поисковый метод.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 20 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	ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 сем.)
ПК-2.2	У-ПК-2.2	ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 сем.)
ПК-2.2	В-ПК-2.2	ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2
УКЕ-1	З-УКЕ-1	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 сем.)
УКЕ-1	У-УКЕ-1	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2, Экзамен (8 сем.)
УКЕ-1	В-УКЕ-1	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, ДЗ1, ДЗ2, КР1, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, КР2

**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 8 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	4	2.4
Т1	Тестирование	1	0.6
ЛР2	Лабораторная работа	4	2.4
Т2	Тестирование	1	0.6
ЛР3	Лабораторная работа	1	0.6
Т3	Тестирование	2	1.2
ЛР4	Лабораторная работа	4	2.4
Т4	Тестирование	1	0.6
ДЗ1	Домашнее задание	5	3
ДЗ2	Домашнее задание	5	3
КР1	Контрольная работа	9	5.4
ДЗ3	Домашнее задание	5	3
ДЗ4	Домашнее задание	5	3
ДЗ5	Домашнее задание	5	3
КР2	Контрольная работа	8	4.8
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Экзамен		<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 бальной 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 (8 семестр):

- 1 Агитационное выщелачивание. Аппаратурное оформление агитационного выщелачивания.
- 2 Варианты переработки монацитовых концентратов. Химизм.
- 3 Гексафторид урана. Получение, физико-химические свойства.
- 4 Ионообменная сорбция урана из растворов и пульп (химизм сорбции и десорбции, используемые сорбенты)
- 5 Классификация процессов выщелачивания урана и их взаимосвязь с типом руды.
- 6 Критерий измельчения урановых руд (пределы измельчения: для радиометрического обогащения, гравитационного, обогащения в отсадочных машинах, для гравитационного обогащения на столах, для флотационного обогащения).
- 7 Кучное выщелачивание. Принципиальная схема кучного выщелачивания урана.
- 8 Методы обогащения урановых руд.
- 9 Методы разделения тория и РЗЭ, методы очистки.
- 10 Механическая переработка урановых руд. Аппаратура для дробления, измельчения и классификации.
- 11 Минералы гидротермальных руд урана.
- 12 Минералы урана, имеющие промышленное значение. Объем производства урана в России.
- 13 Мировая сырьевая база урана. Классификация месторождений.
- 14 Общая характеристика фторидов урана. Тетрафторид урана и его использование в урановой технологии.
- 15 Общая характеристика элементного фтора. Принципиальная схема производства фтора.
- 16 Осадительный аффинаж урана.
- 17 Осаждение урана из растворов выщелачивания (химизм, требования к получаемым осадкам)
- 18 Основные разрабатываемые месторождения урана в России. Используемые технологии (методы) переработки.

- 19 Переработка продуктивных растворов урана. Краткая характеристика методов.
- 20 Получение и физико-химические свойства тетрафторида урана.
- 21 Получение оксидов природного урана (химизм).
- 22 Принципиальная схема подземного скважинного выщелачивания урана.
- 23 Принципиальная схема производства безводного фтороводорода. Химизм процесса.
- 24 Принципиальная схема экстрационного выделения урана из растворов выщелачивания. Используемая аппаратура.
- 25 Принципиальные схемы сорбционного извлечения урана из растворов и пульп. Используемая аппаратура.
- 26 Промышленные схемы получения UF<sub>6</sub>
- 27 Схема ядерно-топливного цикла. Открытый и закрытый ЯТЦ. Изотопный состав природного урана.
- 28 Сырьевая база тория. Потребность в тории.
- 29 Фторсодержащие руды и минералы. Общая характеристика фтороводорода
- 30 Фторсодержащие руды и минералы. Общая характеристика фтороводорода.
- 31 Характеристика урановых руд. Пегматитовые месторождения.
- 32 Химизм карбонатного выщелачивания урановых руд.
- 33 Химизм кислотного выщелачивания урановых руд.
- 34 Химизм процесса получения элементного фтора, состав электролита, используемая аппаратура.
- 35 Экстракционный аффинаж урана (химизм, используемый экстрагент)
- 36 Экстракция урана из рудных растворов (химизм процесса, используемые экстрагенты).

## **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 Бекман И. Н. Ядерные технологии: Учебник для вузов / Бекман И. Н. - Москва: Юрайт, 2021 - 500 с
- Л1.3 Живов В. Л. Уран: геология, добыча, экономика / В. Л. Живов, А. В. Бойцов, М. В. Шумилин - Москва: Атомредметзолото, 2012 - 301 с.
- Л1.4 Торий в ядерном топливном цикле [Текст] / В. И. Бойко [и др.] - М.: Руда и металлы, 2006 - 359, [1] с.
- Л1.5 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.

### **8.2 Дополнительная литература**

- Л2.1 Алексеев С. В. Нитридное топливо для ядерной энергетики [Текст] / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев - Москва: Техносфера, 2013 - 240 с.
- Л2.2 Борисевич В.Д. Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге: учебное пособие / Борисевич В.Д.; Борман В.Д.; Сулаберидзе Г.А.; Тихомиров А.В.; Токманцев В.И. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2011 - 275 с.
- Л2.3 Громов Б. В. Введение в химическую технологию урана: учебник для вузов / Б. В. Громов - М.: Атомиздат, 1978 - 336 с.
- Л2.4 Зеликман А. Н. Теория гидрометаллургических процессов: учебное пособие для вузов / А. Н. Зеликман, Г. М. Вольдман, Л. В. Беляевская - М.: Metallurgia, 1975 - 504 с.

Л2.5 Лызина Д. Д. Сравнение уран- нептуниевое и уран-плутониевое топлива в реакторе РБЕЦ / Д. Д. Лызина, Т. С. Дикова - : Б.и., - С. 28.

Л2.6 Носков М. Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания [Текст]: учебное пособие / М. Д. Носков; Министерство образования и науки РФ ; Национальный ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010 - 83 с.

Л2.7 Носков М. Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. Д. Носков; 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, 2010 - 83 с.

Л2.8 Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов: в 2 томах / под ред. М. И. Фазлуллина - М.: Руда и металлы, 2005Т. 1: Уран: Т. 1: Уран - 407, [1] с.

Л2.9 Технология урана: учебное пособие для вузов / Н. П. Галкин [и др.]; под ред. Н. П. Галкина, Б. Н. Сударикова - М.: Атомиздат, 1964 - 397 с.

Л2.10 Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге: учебное пособие для вузов / В. Д. Борисевич [и др.]; под ред. В. Д. Бормана - М.: Изд-во МЭИ, 2011 - 274, [8] с.

Л2.11 Шевченко В. Б. Технология урана [Текст] / В. Б. Шевченко, Б. Н. Сударики - М.: Госатомиздат, 1961 - 330 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 Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э4 "Росатом" - госкорпорация по атомной энергии - Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/>

Э5 Урановый холдинг «АРМЗ» <http://armz.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: пометать 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.

**Лабораторные работы.** Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

1) название работы;

2) цель работы;

3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;

- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

**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, лабораторных 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
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Выполнение домашних заданий
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (8 семестр)

В течение 8 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): П.Б. Молоков