

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

---

**Химический факультет**  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_

**Рабочая программа дисциплины**

**Материалы для ядерных технологий**

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

**магистратура**

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

**18.04.01 Химическая технология**

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**Химическая технология и материаловедение**

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

**очная**

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2022

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Материалы для ядерных технологий» относится к профессиональному циклу в части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03.ДВ.02.01).

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Радиохимия», «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Строение вещества», «Физика», «Математика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<b>ПК-1-н.</b>  Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области химии твердого тела и радиохимии и/или смежных с химией науках	<b>ПК-1-н-1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	<i>Знать:</i> основные особенности материалов, содержащих радиоактивные элементы и/или радиоактивные изотопы, способы изотопного обогащения ядерного топлива для атомных реакторов и для оружейных целей; требования к материалам для применения в ядерных технологиях; <i>Уметь:</i> оценивать риски, связанные с ядерными технологиями; находить и предлагать методы и материалы для их уменьшения; <i>Владеть:</i> базовыми навыками проведения эксперимента; научными подходами при разработке материалов для ядерных технологий, в т.ч. для консолидации отходов радиохимических производств и изоляции их от биосферы.	Устный опрос, зачет
	<b>ПК-1-н-2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<i>Знать:</i> основные понятия и теоретические приближения, используемые при решении задач в применении к твердым телам и процессам с их участием; <i>Уметь:</i> анализировать теоретические представления о концепции «состав - структура - свойство» для материалов ЯТЦ различного функционального назначения; предлагать подходы к их улучшению, прежде	Устный опрос, зачет

		<p>всего с точки зрения экологической безопасности;</p> <p><i>Владеть:</i> базовыми навыками обработки экспериментальных данных, использовать современные программные продукты при планировании исследований, получении и обработке результатов экспериментов, представлении и передаче научной информации.</p>	
<p><b>ПК-2-н.</b></p> <p>Способен проводить информационные исследования в области химии твердого тела и радиохимии и/или смежных с химией науках.</p>	<p><b>ПК-2-н-1.</b> Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных</p>	<p><i>Знать:</i> какие базы данных существуют, как они устроены;</p> <p><i>Уметь:</i> составлять запросы для поиска необходимой информации по материалам для ядерных технологий на научных и образовательных порталах;</p> <p><i>Владеть:</i> понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин</p>	Устный опрос, зачет
	<p><b>ПК-2-н-2.</b> Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области химии твердого тела и радиохимии и/или смежных с химией науках</p>	<p><i>Знать:</i> основные этапы ядерного топливного цикла и ядерные технологии, в которых находят применение различные функциональные материалы и процессы их производства;</p> <p><i>Уметь:</i> определять ключевые слова для поиска информации, отличить наиболее значимые публикации из общего массива данных, выделить из них научно-значимый результат;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками конструирования новых материалов со специальными и практически важными функциями</p>	Устный опрос, зачет

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108	108
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	32	32
- занятия семинарского типа	32	32
- контроль самостоятельной и иной формы работы студентов	1	1
самостоятельная работа	43	43
Промежуточная аттестация – зачет		

### 3.2. Содержание дисциплины

	Всего (часы)		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них								Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		Занятия лабораторного типа		Всего			
	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная
Раздел 1. Ядерный топливный цикл. Основные этапы	30	30	10	10	10	10			20	20	10	10
Раздел 2. Материалы для ядерных технологий	48	48	12	12	12	12			25*	25*	23	23
Раздел 3. Материалы для отверждения радиоактивных отходов	30	30	10	10	10	10			20	20	10	10
Итого	108	108	32	32	32	32			65	65	43	43

\*-с учетом КСРИФ 1 час у студентов обеих форм обучения

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

#### Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Основные понятия. Особенности радиоактивных материалов и их анализа. Эффекты при попадании радиоактивных частиц и излучений в вещество.
2. Материалы на разных этапах ядерного топливного цикла. Урановые минералы, гексафторид урана, ядерное топливо, теплоноситель, поглотитель нейтронов. Облученное ядерное топливо.
3. Материалы в химических процессах регенерации топлива (замкнутый топливный цикл). Водные и негодные технологии.
4. Радиоактивные отходы. Отверженные материалы-матрицы. Цементы, битумы, стекломатериалы, керамики. Рекомендации МАГАТЭ.
5. Материалы отходов при выводе из эксплуатации предприятий ЯТЦ, кораблей с атомными энергетическими установками. от использования изотопной продукции в родном хозяйстве, при добыче нефти и газа.
6. Материалы для инертного матричного топлива для трансмутации актинидов, требования к таким материалам.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к занятиям.

К формам текущего контроля успеваемости по дисциплине относится устный опрос, включая работу в малых группах;

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме зачета.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие	При решении стандартных задач не про-	Имеется минимальный	Продemonстрированы базовые навы-	Продemonстрированы базовые навы-	Продemonстрированы	Продemonстрирован творческий

	владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	демонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	ки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	ки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	подход к решению нестандартных задач
--	---	--	---	---	---	---	--------------------------------------

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

## 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 6.2.1 Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1.Какие ядерные технологии Вы знаете?	ПК-1н
2.В каких ядерных технологиях необходимы знания по материаловедению?	ПК-1н
3.На каких /этапах ядерного топливного цикла используют материалы с высокими характеристиками устойчивости: термической, химической, механической, радиационной?	ПК-1н
4.Радиохимическая переработка ядерного топлива.	ПК-1н
5.Что такое радиоактивное вещество.	ПК-1н
6.Радиоактивные материалы природного происхождения. Горные породы и минералы урана.	ПК-1н
7.Кристаллохимия минералов. Радиоактивные изотопы рядов урана и тория.	ПК-1н
8.Ядерный топливный цикл. Основные этапы.	ПК-1н
9.Добыча урана. Обогащение горных пород. Получение оксидов урана.	ПК-1н
10.Роль летучих соединений урана в технологиях изотопного обогащения урана. Принципы разделения изотопов.	ПК-1н

11.Материалы, содержащие обогащенный уран, для использования в атомных реакторах и для оружейных целей	ПК-1н
12.Материалы для термоядерных процессов, для термоядерного реактора и водородной бомбы.	ПК-1н
13.Сопоставительный анализ загрязнения от испытания атомного и термоядерного оружия.	ПК-2н
14.Роль отечественных и зарубежных исследователей в разработке теоретических основ оружейных материалов.	ПК-2н
15.Технологии получения оксидного топлива. Изготовление тепловыделяющих элементов с использованием процессов спекания керамик и тепловыделяющих сборок.	ПК-1н
16.Атомный реактор. Конструкционные материалы. Требования к их физическим и химическим характеристикам.	ПК-1н
17.Осуществление ядерной реакции деления в топливе тепловыделяющих элементов.	ПК-1н
18.Материалы - замедлители нейтронов. Их роль в развитии цепных процессов ядерного деления уранового топлива.	ПК-1н
19.Материалы для отражения нейтронов.	ПК-1н
20.Поглощение нейтронов. Материалы, содержащие изотопы с высоким эффективным сечением захвата нейтронов. Обеспечение контролируемого развития цепной реакции деления в атомном реакторе.	ПК-1н
21.Облученное ядерное топливо. Пристанционное хранение (без дальней транспортировки от атомной электростанции).	ПК-1н
22.Состав облученного топлива. Делящиеся компоненты, накопившийся плутоний и актиниды, продукты ядерного деления.	ПК-1н
23.Методы переработки облученного топлива. Извлечение делящихся материалов для дальнейшего использования. Извлечения радионуклидов для применения материалов на их основе в медицине, сельском хозяйстве и др.	ПК-1н
24.Отходы, образующиеся в технологиях переработки облученного ядерного топлива. Предприятия в мире для реализации переработки облученного топлива.	ПК-2н
25.Гидрометаллургические атомные технологии.	ПК-1н
26.Технологии переработки облученного топлива в расплавах солевых систем. Особые требования к материалам в таких системах	ПК-1н
27.Новые материалы для переработки облученного ядерного топлива в рамках технологической платформы «Прорыв». Применение для реакторов на быстрых нейтронах.	ПК-2н
28.Консолидация отходов. Получение твердых материалов на основе стекол, керамик. Сопоставление их эксплуатационных характеристик.	ПК-2н
29.Оксидные и солевые материалы - химические формы отверженных высокоактивных отходов.	ПК-2н
30.Перспективные керамические материалы со структурами природных минералов флюорита, поллуцита, монацита, коснарита, лангбейнита, шеелита и др. Принцип «природоподобия». Матрицы для иммобилизации радионуклидов с высокими характеристиками термической, радиационной и химической стабильности.	ПК-2н
31.Способы изоляции от биосферы отверженных высокорadioактивных материалов. Подземное захоронение и другие возможные варианты изоляции. принцип «зеленой лужайки».	ПК-2н
32.Проблема переработки материалов оружейного плутония. Снятие с экс-	ПК-2н



плуатации ядерных боеголовок. Совместные российско-американские проекты.	
33.Перспективы развития технологий и материалов ядерного топливного цикла.	ПК-2н

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Очкин А.В., Бабаев Н.С., Магометбеков Э.П. Введение в радиоэкологию. Учебное пособие для вузов. М.: ИздАТ, 2003. 200с.
- И. Хала, Дж.Д. Навратил Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика: пер. с англ. / Под ред. Б.Ф. Мясоедова, С.И. Калмыкова. – М.: Издательство ЛКИ, 2013. – 432 с.
2. Шишин И.Ю. Комплексное прогнозирование оценок безопасности при захоронении радиоактивных отходов. Учебное пособие. М.: Изд-во Московского гос. горного института, 2006. 132с.
3. Дмитриев С.А., Стефановский С.В. Обращение с радиоактивными отходами. Учебное пособие. М.: Изд. Центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. 125с.
4. Шарыгин, Л.М. Термостойкие неорганические сорбенты / Л.М. Шарыгин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 305 с. – ISBN 978-5-7691-2254-5.
5. Krivovichev, S.V. Structural Chemistry of Inorganic Actinide Compounds / S.V. Krivovichev, P.C. Burns, I.G. Tananaev. – Amsterdam: Elsevier, 2007. – 494 p. – ISBN-13: 978-0-444-52111-8, ISBN-10: 0-444-52111-9.
6. Дмитриев С.Н., Зайцева Н.Г., Очкин А.В. Радионуклиды для ядерной медицины и экологии. Учебное пособие. Дубна: ОИЯИ, 2001. 103 с.
7. Burakov, B.E. Crystalline Materials for Actinide Immobilization.. Series on Materials for Engineering – Vol. 1 / B.E. Burakov, M.I. Ojovan, W.(B.), E. Lee. – Singapore: Mainland Press Pte Ltd, 2011. – 197 p.

### б) дополнительная литература:

Review of Excess Weapon Plutonium Disposition. LLNL Contract Work in Russia. L.I. Jardine, G.B. Borisov. Yuly 2002. Oroceedings of the 3rd Annual Meeting for Coordination and Review of LLNL Contract Work, State Regional Education Centre, St. Petersburg, Jun. 14 -18, 2002. 497 p.

Роберт У. Кан. Становление материаловедения. Авторизованный перевод с английского Т.К. Лазутиной. Под ред. доктора физико-математических наук В.Н. Чувильдеева. Нижний Новгород. Изд-во Нижегородского пссуниверситета. 2011. 618 с.

Ю.А. Барбанель. Координационная химия f-элементов в расплавах. М. Энергоатомиздат. 1965. 144 с.

Нефёдов, В.Д. Радиохимия. Учеб. пособие / В.Д. Нефёдов, Е.Н. Текстер, М.А. Торопова. – М.: Высш. шк., – 1987. – 272 с.Дмитриев С.Н., Зайцева Н.Г., Очкин А.В.

Радионуклиды для ядерной медицины и экологии. Учебное пособие. Дубна: ОИЯИ, 2001.103 с.

Соболев И.А., Ожован М.И., Щербатова Т.Д. Батюхнова О.Г., Стёкла для радиоактивных отходов. М.: Энергоатомиздат, 1999. 240 с.

Сохина, Л.П. Плутоний в девичьих руках / Л.П. Сохина, Я.И. Колотинский, Г.В. Халтурин. Екатеринбург: ЛИТУР, 2003. 160 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

[www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/solid\\_solution.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/solid_solution.pdf)

[www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/3Graduate/Geochemistry/Lecture6.doc](http://www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/3Graduate/Geochemistry/Lecture6.doc)

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для обучения студентов названной дисциплине имеется в наличии материально-техническое обеспечение лекционных и семинарских занятий: видеопроектор, ноутбук, экран, проектор, доска.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 «химия» для магистерской программы «химия твердого тела и радиохимия».

Автор:

д.х.н., профессор \_\_\_\_\_ Орлова А.И..

Рецензент:

Д.х.н., профессор \_\_\_\_\_ Зеленцов С.В.

Заведующий кафедрой химии твердого тела,

Д.х.н., профессор \_\_\_\_\_ Сулейманов Е.В.