

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 № 6 от 31 мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

---

Радиохимия и радиоэкология  
(наименование дисциплины (модуля))

---

Уровень высшего образования  
бакалавриат  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

---

Направление подготовки / специальность  
**18.03.01 «Химическая технология»**  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

---

Направленность образовательной программы  
**Химическая технология веществ и материалов**  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

---

Форма обучения  
очная  
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год набора

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Радиохимия и радиоэкология» относится к дисциплинам профессионального цикла обязательной части образовательной программы по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (Б1.О.03.10), осваивается студентами очной формы обучения на втором году обучения в четвертом семестре и студентами очно-заочной формы обучения на четвертом году обучения в восьмом семестре.

Для освоения данной дисциплины студентам необходимо обладать базовыми знаниями по следующим разделам химии: строение вещества, неорганическая химия, а также владеть аппаратом математического анализа и физики в рамках преподаваемых на 1 и 2 курсе дисциплин.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее при дальнейшей практической деятельности в рамках выполнения квалификационных работ.

Курс отвечает основным требованиям в плане решения задачи по совершенствованию обучения в высшей школе. Этот курс дает широкие знания фундаментальных положений науки, которые необходимы как для непосредственной работы по специальности, так и для понимания главных направлений химической науки и ее развития.

**Целью дисциплины** является системное освоение основных теоретических положений в области химии радиоактивных элементов (естественных и искусственных) и поведения их в объектах окружающей среды, приобретение практических навыков проведения исследований в области радиохимии как фундаментальной науки.

**Задачами дисциплины** являются изучение химии радиоактивных элементов (естественных и искусственных), а также поведения радионуклидов в окружающей среде; освоение физических основ радиоактивности, взаимодействия излучений с веществом и методов их регистрации; приобретение знаний о ядерных реакциях и их применении; приобретение знаний о ядерном топливном цикле, его химических и экологических проблемах; формирование теоретических представлений о радиационном фоне окружающей среды и закономерностях его изменения; формирование умения применять экспериментальные методы регистрации радиоактивных излучений для решения практических задач. В методическом плане курс «Радиохимия и радиоэкология» имеет задачу активизировать знания студентов по физике и математике, а также закрепить знания по пройденным разделам химии.

## 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>ОПК-1</b> Способен анализировать и интерпретировать	<b>ОПК-1.1.</b> Систематизирует и анализирует	<i>Владеть навыками обработки и анализа результатов химических экспериментов, навыками интерпретации расчетных данных по</i>	Устный опрос, контрольная работа,

результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	<p><i>свойствам веществ и материалов</i></p> <p><i>Уметь обрабатывать и анализировать результаты химических экспериментов</i></p> <p><i>Знать современные подходы к статистической обработке результатов эксперимента и их стандартизированному представлению</i></p>	коллоквиум, зачет, экзамен
	<p><b>ОПК-1.2.</b></p> <p>Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p><i>Владеть навыками интерпретации результатов экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ радиохимии</i></p> <p><i>Уметь работать с радиохимическим оборудованием и базами радиохимических данных (диаграмма нуклидов, <a href="http://www.nucleonica.net">www.nucleonica.net</a>, <a href="http://www.russianatom.ru">www.russianatom.ru</a>)</i></p> <p><i>Знать теоретические основы радиохимии</i></p>	
	<p><b>ОПК-1.3.</b></p> <p>Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности</p>	<p><i>Владеть навыками формулировки заключений и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ радиохимической направленности</i></p> <p><i>Уметь сопоставлять полученные результаты с теоретическими закономерностями, лежащими в основе радиохимии</i></p> <p><i>Знать важнейшие теоретические закономерности, лежащие в основе радиохимии</i></p>	
<b>ОПК-2</b> Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	<p><b>ОПК-2.1.</b></p> <p>Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p>	<p><i>Владеть навыками работы с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</i></p> <p><i>Уметь проводить лабораторные эксперименты с химическими веществами</i></p> <p><i>Знать основные принципы техники безопасности при работе с химическими веществами</i></p>	Устный опрос, зачет, экзамен
	<p><b>ОПК-2.2.</b></p> <p>Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик</p>	<p><i>Владеть навыками синтеза веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик</i></p> <p><i>Уметь синтезировать вещества и материалы</i></p> <p><i>Знать основные современные методы синтеза веществ и материалов, используемых для радиохимических</i></p>	

		<i>задач</i>	
	<b>ОПК-2.3.</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<p><i>Владеть навыками определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе</i></p> <p><i>Уметь проводить стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ</i></p> <p><i>Знать теоретические закономерности, лежащие в основе работы современных приборов для определения химического и фазового состава веществ</i></p>	
	<b>ОПК-2.4.</b> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	<p><i>Владеть навыками исследования свойств веществ и материалов с использованием современного радиохимического оборудования</i></p> <p><i>Уметь работать с современным радиохимическим оборудованием</i></p> <p><i>Знать теоретические закономерности, лежащие в основе работы современных радиохимических приборов</i></p>	
<b>ОПК-6</b> Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	<b>ОПК-6.1.</b> Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<p><i>Владеть навыками представления результатов работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</i></p> <p><i>Уметь интерпретировать и систематизировать результаты научной работы</i></p> <p><i>Знать требования к написанию отчетов о научном исследовании</i></p>	Устный опрос, зачет
	<b>ОПК-6.2.</b> Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	<p><i>Владеть навыками представления радиохимической информации с учетом требований библиографической культуры</i></p> <p><i>Уметь интерпретировать и систематизировать радиохимические данные</i></p> <p><i>Знать требования библиографической культуры</i></p>	
	<b>ОПК-6.3.</b> Представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в химическом сообществе	<p><i>Владеть навыками представления результатов работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке</i></p> <p><i>Уметь интерпретировать, систематизировать и обобщать результаты научной работы</i></p> <p><i>Знать основные принципы написания научных публикаций</i></p>	
	<b>ОПК-6.4.</b> Готовит	<i>Владеть навыками подготовки и представления презентаций по заданной радиохимической теме</i>	

	презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	<p><i>Уметь работать в программах для создания презентаций</i></p> <p><i>Знать основные принципы представления научных результатов в виде презентаций</i></p>	
--	---	---	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения
Общая трудоемкость	4	4
Часов по учебному плану	144	144
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	32	32
- занятия лабораторного типа	32	32
самостоятельная работа	41	42
контроль самостоятельной и иной формы работы студентов	3	2
Промежуточная аттестация – зачет, экзамен	36	36

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе							
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося,	
			Занятия лекционного типа		Занятия лабораторного типа		Всего			
	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная
Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.	9	9	2	2	–	–	2	2	7	7
Раздел 2. Естественная	58	58	16	16	22	23	41*	41*	17	17

радиоактивность. Типы распада. Законы радиоактивного распада и накопления радионуклидов										
Раздел 3. Искусственная радиоактивность в техногенных процессах и в природе.	41	41	14	14	10	9	24	23	17	18
Всего	108	108	32	32	32	32	67	66	41	42
Контроль	36	36								
Итого	144	144								

*\*-с учетом КСРПФ 3 часа у студентов очной формы обучения и 2 часа у очно-заочной формы обучения.*

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в виде зачета в устной форме в виде собеседования и комплексного экзамена в устной форме в виде развернутого ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решения практических задач с последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

### **Содержание разделов дисциплины**

#### **1. Введение. Основные понятия и определения.**

Предмет курса радиохимии. Основные понятия и определения: химический элемент, нуклид, нуклон, изотопы, изотоны, изобары, ядерные изомеры, радиоактивность, радиоактивные вещества. Научно-исторический аспект. Экологический аспект радиохимических проблем.

#### **2. Естественная радиоактивность. Типы распада. Законы радиоактивного распада и накопления радионуклидов**

2.1. Естественная радиоактивность. Радиоактивность в природе. Радиоактивный распад. Виды распада:  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ - распад, спонтанное деление, протонный нейтронный и др. виды. Виды радиоактивных излучений и их свойства. Взаимодействие излучения с веществом. Поглощение излучений. Измерение радиоактивных излучений. Методы регистрации. Ионизационные методы. Счетчик Гейгера. Сцинтилляционные методы. Ошибки измерений. Основы дозиметрии.

2.2. Закон радиоактивного распада. Активность. Период полураспада, радиоактивная постоянная. Методы их определения. Единицы активности. Накопление дочерних продуктов. Вековое и подвижное равновесие. Радиоактивные изотопы в природе. Радиоактивные семейства. Уран. Торий. Радон и продукты его распада. Определение возраста минералов и других объектов по радиоактивности (радиогенная шкала времени).

2.3. Радиационный фон. Происхождение радиационного фона. Изменение фона на Земле во времени и в пространстве. Роль естественной радиоактивности в формировании радиационного фона. Изменение естественного фона в процессе техногенной деятельности. Фон в помещении. Роль радона. Нормативы по фону. Применение естественной радиоактивности.

#### **3. Искусственная радиоактивность в техногенных процессах и в природе**

2.1. Искусственная радиоактивность. Открытие искусственной радиоактивности. Научные основы. Ядерные реакции. Законы сохранения и основные характеристики ядерных реакций.

Тепловой эффект. Порог. Эффективное сечение. Механизмы ядерных превращений. Реакции на заряженных частицах. Потенциальный барьер. Особенности реакций на нейтронах. Выход ядерных реакций. Примеры ядерных реакций в природе и в технологиях. Применение ядерных реакций в химическом анализе. Нейтронно-активационный анализ. Реакции деления и термоядерного синтеза и их роль в получении энергии. Актиниды и другие элементы конца Периодической системы. Их синтез, свойства и применение. Карта нуклидов и ее развитие.

2.2. Ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Химические и экологические проблемы. Ядерное топливо. Его получение. Условия осуществления управляемой цепной реакцией деления. Принцип работы ядерного реактора. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл. Регенерация топлива. Радиоактивные отходы. Экологические проблемы ЯТЦ. Снятие АЭС с эксплуатации. Аварии на атомных объектах. Экологические последствия испытаний атомного оружия. Проблема «избыточного» оружейного плутония и подходы к ее решению. Ядерная безопасность населения и законодательные акты. Мониторинг радиационных загрязнений окружающей среды. Понятие радиационного риска. Сопоставление радиационного риска и риска от производства энергии другими способами, а также риска от других видов человеческой деятельности.

### **Лабораторный практикум**

№п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	Методы регистрации ионизирующих излучений. Определение радиоактивности с помощью счетчиков ядерных излучений
2	2	Выделение изотопа тория UХI из урановой соли и его идентификация по периоду полураспада
3	2	Определение содержания радона и продуктов его радиоактивного распада в воздухе помещений
4	2	Определение мощности дозы естественного радиационного фона
5	3	Определение токсичности радиоактивных отходов

#### **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 собеседованию и контрольным работам.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Собеседование
- Контрольная работа
- Коллоквиум
- Проверка отчетов по темам лабораторных занятий

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **зачета и экзамена**.

К экзамену в 4-ом семестре очной формы обучения допускаются обучающиеся, выполнившие все отчеты по темам лабораторных занятий и сдавшие зачет.

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 незначительных 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 незначительными 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 владения материалом. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении нестандартн	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартн

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки.	решения стандартных задач с некоторыми недочетами	стандартных задач с некоторыми недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов.	ых задач без ошибок и недочетов.	ых задач
--	--	------------------------------------	---	---	---	----------------------------------	----------

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета и комплексного экзамена, на которых определяются:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет в 4 семестре очной формы обучения и 8 семестре очно-заочной формы обучения проводится в устной форме в виде собеседования. Экзамен в 4 семестре очной формы обучения и 8 семестре очно-заочной формы проводится в устной форме в виде развернутого ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решения практических задач с последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

**Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенций используются собеседование на зачете и ответ по билету на экзамене.**

#### **Шкала оценки при промежуточной аттестации**

<b>Оценка</b>		<b>Уровень подготовки</b>
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	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»



<p>Дифференциальная и интегральная форма закона радиоактивного распада.</p> <p>Графическое изображение закона радиоактивного распада.</p> <p>Что такое период полураспада, постоянная радиоактивного распада, средняя продолжительность жизни? Уравнения, связывающие эти величины.</p> <p>Что такое абсолютная активность?</p> <p>Какие единицы измерения абсолютной активности Вам известны?</p>	ОПК-1
<p>Что такое регистрируемая активность? Как она связана с абсолютной активностью радионуклида?</p> <p>Абсолютный метод измерений радиоактивности.</p> <p>Относительный метод измерений радиоактивности</p>	ОПК-6
<p>Методы определения периода полураспада короткоживущего и долгоживущего радионуклидов.</p> <p>Каков период полураспада изотопа, если за 5 часов его активность уменьшилась в 16 раз?</p> <p>Почему можно считать, что за 10 периодов полураспада изотопа образец практически полностью распадется?</p> <p>Что такое радиоактивное равновесие?</p> <p>При каких условиях осуществляется вековое радиоактивное равновесие?</p> <p>При каких условиях осуществляется подвижное радиоактивное равновесие?</p> <p>Уравнение, описывающее изменение активности дочернего радиоактивного вещества во времени.</p> <p>Через какой промежуток времени практически наступает равновесное состояние?</p> <p>Химические свойства урана, тория, радия, радона.</p> <p>Во сколько раз увеличится активность препарата радия, очищенного от продуктов распада, после установления векового равновесия со всеми продуктами распада?</p> <p>Как изменяется активность радона, образующегося из радия, во времени?</p> <p>Что такое активный осадок эманации?</p> <p>Изотопы каких элементов входят в состав активного осадка радона? торона? актинона?</p> <p>Как меняется активность продуктов распада эманации радия?</p> <p>Назовите изотопы, непрерывно синтезируемые в природе?</p> <p>Назовите отдельные (вне радиоактивных семейств) радиоактивные изотопы, имеющиеся в природе.</p> <p>Определение геологического возраста минералов.</p>	ОПК-1
<p>Поглощенная доза. Единицы измерения.</p> <p>Эффективная эквивалентная доза. Единицы измерения.</p> <p>Экспозиционная доза. Единицы измерения.</p>	ОПК-6
<p>Приборы дозиметрического контроля.</p> <p>Радиационный фон помещений. Факторы, определяющие</p>	ОПК-2

<p>радиационный фон.          Роль радона в формировании радиационного фона.          Какие нормы радиационной безопасности существуют в настоящее время для персонала, работающего с радионуклидами, и населения?          Какие существуют способы защиты от <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>- и <math>\gamma</math>-излучения?          Какие нормы техники безопасности должны выполняться при работе с радиоактивными веществами?</p>	
<p><b>Раздел 3. Искусственная радиоактивность в техногенных процессах и в природе.</b>          Какие искусственно-радиоактивные изотопы известны Вам?          Какие бывают типы ядерных реакций?          Как изменяются заряд и массовое число изотопов мишени в ядерных реакциях с нейтронами, протонами, дейтонами, <math>\alpha</math>-частицами и <math>\gamma</math>-квантами?          Что такое тепловой эффект ядерной реакции?          Порог ядерной реакции. Для каких реакций он существует?          Что такое эффективное сечение ядерной реакции и от каких факторов оно зависит?          Реакции на заряженных частицах. Потенциальный барьер          Ядерная реакция деления тяжелых ядер.          Спонтанное и вынужденное деление ядер.          Энергия деления и энергия активации деления.          Цепная реакция деления. Условия ее осуществления.          Источники нейтронов.          Что такое замедлитель нейтронов?          Ядерное топливо.          Принцип работы ядерного реактора.          Напишите реакции образования «осколочных» изотопов в ядерном реакторе.          Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл.</p> <p>Какие бывают разновидности радиоактивных отходов?          Какие формы отверждения отходов Вам известны? В чем достоинства и недостатки каждой из них?</p> <p>Что такое «оружейный» плутоний? Какие существуют варианты решения проблемы «избыточного оружейного» плутоний?</p> <p>Какие методы синтеза плутония и заплутониевых элементов Вам известны?          Какие ядерные реакции лежат в основе методов синтеза элементов конца Периодической системы?          Актиниды и их электронное строение. Применение актинидов.          Существуют ли в природе заурановые элементы? Если да, то как они могут образоваться в природных условиях?          Приведите примеры реакций термоядерного синтеза.          Реакции термоядерного синтеза на звездах.</p> <p>Каковы последствия аварий на атомных объектах?          Каковы экологические последствия испытаний атомного оружия?</p>	<p><b>ОПК-1</b></p> <p><b>ОПК-6</b></p> <p><b>ОПК-1</b></p> <p><b>ОПК-2</b></p>

<p>Каков вклад искусственной радиоактивности в общий радиационный фон?</p> <p>Какие законодательные акты ограничивают испытания ядерного оружия? Когда они были приняты?</p> <p>Какие меры нужны принять, чтобы устранить радиоактивные загрязнения при попадании радионуклидов в окружающую среду?</p>	
---	--

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции

**Контрольная работа по теме «Естественная радиоактивность. Типы распада. Законы радиоактивного распада и накопления радионуклидов» для оценки сформированности знаний компетенций ОПК-1:**

1. Составьте уравнения радиоактивного распада  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{40}\text{K}$ .
2. Рассчитайте активность 45 мг  $^{90}\text{Sr}$ , если его период полураспада составляет 28.79 лет.
3. Сравните удельную активность KCl и RbCl.
4. Препарат лантана-140, содержащий 500 мг лантана, был изготовлен в 1950 году. Какова будет абсолютная активность этого препарата в 2020 году? Ответ аргументируйте.  

$$^{140}\text{La} \xrightarrow{\beta^-} ^{140}\text{Ce}$$
(стаб.)
5. Определить время накопления максимального количества иттрия, образующегося из стронция, который очищен предварительно от продуктов распада.  

$$^{90}\text{Sr} \xrightarrow{\beta^-} ^{90}\text{Y} \xrightarrow{\beta^-} ^{90}\text{Zr}, \quad T_{1/2}(^{90}\text{Sr}) = 28.4 \text{ лет}, T_{1/2}(^{90}\text{Y}) = 64.8 \text{ ч.}$$
(стаб.)
6. Определите, в какие радиоактивные семейства входят радионуклиды Th-230, Ra-228, Pb-212, Po-210, Rn-220, Rn-222? Рассчитайте их радиоактивные постоянные по значениям периодов полураспада.
7. Во сколько раз увеличится активность препарата радия, очищенного от продуктов распада, после установления векового равновесия со всеми продуктами распада?
8. С использованием диаграммы нуклидов перечислите все известные изотопы фосфора, серы, бора? Назовите их характеристики: тип распада, период полураспада, распространенность в природе (для стабильных изотопов).
9. С использованием [www.nucleonica.com](http://www.nucleonica.com) постройте кривые, характеризующие изменение активности 5 мг  $^{210}\text{Po}$  во времени, и накопление в нем дочерних продуктов. Объясните ход кривых.
10. С использованием [www.nucleonica.net](http://www.nucleonica.net) рассчитайте мощности дозы источника излучения  $^{60}\text{Co}$  при расстоянии до него 50 см, если в качестве защиты используется 5 мм Fe. Каким образом будет меняться мощность дозы в зависимости от расстояния от источника до детектора, материала и толщины слоя защиты?
11. С использованием [www.nucleonica.com](http://www.nucleonica.com) постройте графические зависимости выхода продуктов деления  $^{235}\text{U}$  от массового числа.
12. С использованием сайт [www.russianatom.ru](http://www.russianatom.ru) назовите мощность радиационного фона на Ленинградской АЭС, Калининградской АЭС в течение прошедших 24 ч.

**Программа коллоквиумов для оценки сформированности знаний компетенций ОПК-1:**

## **Коллоквиум 1. Естественная радиоактивность. Типы распада. Законы радиоактивного распада и накопления радионуклидов**

Естественная радиоактивность. Радиоактивность в природе. Радиоактивный распад. Виды распада:  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ - распад, спонтанное деление, протонный нейтронный и др. виды. Виды радиоактивных излучений и их свойства. Взаимодействие излучения с веществом. Поглощение излучений. Измерение радиоактивных излучений. Методы регистрации. Ионизационные методы. Счетчик Гейгера. Сцинтилляционные методы. Ошибки измерений. Основы дозиметрии.

Закон радиоактивного распада. Активность. Период полураспада, радиоактивная постоянная. Методы их определения. Единицы активности. Накопление дочерних продуктов. Вековое и подвижное равновесие. Радиоактивные изотопы в природе. Радиоактивные семейства. Уран. Торий. Радон и продукты его распада. Определение возраста минералов и других объектов по радиоактивности (радиогенная шкала времени).

Радиационный фон. Происхождение радиационного фона. Изменение фона на Земле во времени и в пространстве. Роль естественной радиоактивности в формировании радиационного фона. Изменение естественного фона в процессе техногенной деятельности. Фон в помещении. Роль радона. Нормативы по фону. Применение естественной радиоактивности.

## **Коллоквиум 2. Искусственная радиоактивность в техногенных процессах и в природе**

Искусственная радиоактивность. Открытие искусственной радиоактивности. Научные основы. Ядерные реакции. Законы сохранения и основные характеристики ядерных реакций. Тепловой эффект. Порог. Эффективное сечение. Механизмы ядерных превращений. Реакции на заряженных частицах. Потенциальный барьер. Особенности реакций на нейтронах. Выход ядерных реакций. Примеры ядерных реакций в природе и в технологиях. Применение ядерных реакций в химическом анализе. Нейтронно-активационный анализ. Реакции деления и термоядерного синтеза и их роль в получении энергии. Актиниды и другие элементы конца Периодической системы. Их синтез, свойства и применение. Карта нуклидов и ее развитие.

Ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Химические и экологические проблемы. Ядерное топливо. Его получение. Условия осуществления управляемой цепной реакцией деления. Принцип работы ядерного реактора. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл. Регенерация топлива. Радиоактивные отходы. Экологические проблемы ЯТЦ. Снятие АЭС с эксплуатации. Аварии на атомных объектах. Экологические последствия испытаний атомного оружия. Проблема «избыточного» оружейного плутония и подходы к ее решению. Ядерная безопасность населения и законодательные акты. Мониторинг радиационных загрязнений окружающей среды. Понятие радиационного риска. Сопоставление радиационного риска и риска от производства энергии другими способами, а также риска от других видов человеческой деятельности.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 02.00.14 - "Радиохимия" / Ю.А. Сапожников, Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков – М.: БИНОМ, 2010. – 286 с.

2. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии. Учебное пособие. М.: Высш. шк., 2014. – 317 с. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/65268#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/65268#book_name).
3. Медведев В.П., Очкин А.В., Семенов М.А. Физические основы радиохимии: учебное пособие для вузов. М.: Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт», 2011. – 188 с. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/75979#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/75979#book_name).

б) дополнительная литература:

1. Очкин А.В., Бабаев Н.С., Магаметбеков Э.П. Введение в радиоэкологию. М.: ИздАТ. 2003. 199 с.
2. Черноруков Н.Г., Орлова А.И. Сборник задач по радиоактивности. Н. Новгород: изд-во ННГУ, 1994.
3. Радиоактивность и экология: проблемы искусственной радиоактивности: метод. разработка. [сост.: Н. Г. Черноруков] - Н. Новгород,: изд-во ННГУ 1992. - 34 с.
4. Несмеянов А. Н. - Радиохимия: учебник для хим. специальностей вузов. М.: Химия, 1978. - 559 с.
5. Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М.: ИздАТ. 2000. 384 с.
6. Magill J., Galy J. Radioactivity. Radionuclides. Radiation. Springer – Berlin Hedelberg New York. 2005. 259 p.
7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. (ОСПРБ-99): 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1. 799-99 – М.: Минздрав России, 2000. 98 с.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. – М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. 116 с.
9. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат. 1989.
10. Радиация. Дозы, эффекты, риск. Пер. с англ. – М.: Мир. 1988. 79 с.
11. 2. Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода. / Под ред. Лукьянова В.Б. и др. М: Высшая школа. 1987. 210 с.
12. Краткий курс радиохимии./ Под ред. Николаева А.В. М. Высшая школа. 1969. 350 с.
13. Мухин К.Н. Введение в ядерную физику. М.: Атомиздат. 1965. 720 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

<http://www.nucleonica.com>

<http://www.russianatom.ru>

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии на сайтах издательств «Юрайт» (<http://www.urait.ru/>) и электронных библиотечных системах ННГУ (<http://www.lib.unn.ru/ebs.html>), доступ к которым предоставлен студентам. Сайты издательств содержат произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонды библиотек сформированы с учетом всех изменений

образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории (лекционные с вместимостью 200 человек и семинарские с вместимостью 40 человек) для проведения учебных занятий, предусмотренных программой. Лекционные аудитории (308 корп. 5, 328 корп. 2) оснащены оборудованием и техническими средствами обучения: переносным мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических задач). Аудитория для проведения семинарских занятий (140 корп. 2) также оснащена необходимым оборудованием: стационарным мультимедийным проектором, ноутбуком с выходом в сеть Интернет, доской и мелом.

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 328	Комплект специализированной мебели, Доска для мела ДК 11 Э 3012 (3 элемента); технические средства: проекционный экран ScreenMedia Goldview настенный, переносной мультимедийный проектор, ноутбук Lenovo G770	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 Home Basic OA CIS and GE, лицензия OEM</li> <li>• Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic Open 1 License No Level, лицензия №60411808, дата выдачи 24.05.2012 г.</li> </ul>
Помещение для самостоятельной работы пр. Гагарина, 23, корп. 1, ауд. 205	Комплект специализированной мебели, персональные компьютеры , имеется выход в интернет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows Professional 10, Лицензия № 67001233, дата выдачи 09.06.2016 г.</li> <li>• Microsoft Office MS Office Standard 2013; серверная лицензия MS SQL Server Лицензия № 65097676, дата выдачи 23.04.2015 г.</li> </ul>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 5, ауд.308	Комплект специализированной мебели; технические средства: переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, мультимедийный проектор BenQ MP-512 DLP, ноутбук Acer Extensa 5620Z T2390	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.</li> <li>• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.</li> </ul>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 140	Комплект специализированной мебели; технические средства: мультимедийный проектор Benq MP610, ноутбук Acer Aspire 5315-301G08 , переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase имеется выход в интернет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.</li> <li>• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.</li> </ul>

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в

электронную информационно-образовательную среду (205 корп. 1).

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии специальный кабинет с необходимым лабораторным оборудованием (154 ауд, 2 корпус). Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума:

Сушильный шкаф SNOL

Термостат LAUDA A24

Весы BL620S

Шкаф вытяжной 2Ш-НЖ

Плитка Мечта

Поднос пластм.

Доз. прибор РУП-1

Радиометр радона РРА-01М-03

Дозиметр-радиометр «Снегирь» (6 шт.) МКС-15Д

Дозиметр-радиометр «Чибис» (2 шт.) МКС-10Д

Индикатор радона SIRAD (3 шт.) MR-106N

Альфа-бета радиометр (3 шт.) УФМ-2000

Комплект спектрометрический «Spdts» к УФМ-2000

Альфа-бета радиометр РКС-01А «АБЕЛИЯ»

ПЭВМ (системный блок, лицензионный Windows, монитор, принтер, сетевой фильтр, клавиатура, мышь, коврик для мыши) ПЭВМ

Колбонагреватель LH-250

Пробоотборное устройство ПОУ-04

Радиометр низкофоновый RKS-18R

Дозиметр ДБГ-01С Синтекс-М

Бета-гамма спектрометрический комплекс с альфа-радиометром сцинтилляционным «Прогресс -БГ+АР». Россия ООО «НПП «Доза». 2013

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М. Россия. ООО «НПП «Доза». 2013

Измерительный комплекс для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов в различных средах «Альфарад плюс - АРП». Россия ООО «НТМ - Защита». 2013.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Авторы

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

к.х.н., доцент \_\_\_\_\_ Е.А. Асабина

Рецензент

Ст.н.с. ИХВВ РАН, к.х.н. \_\_\_\_\_ М.В. Суханов

Заведующий кафедрой

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии химического факультета  
от 7 мая 2023 года, протокол № 7.