

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1152628	Радиохимия и радиоэкология

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Управление экологической безопасностью радиохимических технологий	<b>Код ОП</b> 1. 18.04.01/33.08
<b>Направление подготовки</b> 1. Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 18.04.01

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Воронина Анна Владимировна	кандидат химических наук, доцент	Заведующий кафедрой	радиохимии и прикладной экологии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Радиохимия и радиоэкология

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплину «Радиохимия и радиоэкология» и является базовым для усвоения последующих технологических курсов. Рассматривает широкий круг вопросов, охватывающих физические основы радиохимии, особенности поведения природных и техногенных систем, в которых присутствуют радионуклиды, физико-химические аспекты ядерных технологий, основы радиоэкологии. Дает базовые знания по организации работ с источниками ионизирующих излучений, прививает навыки практической работы с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений в соответствии с нормами радиационной безопасности.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Радиохимия и радиоэкология	4
ИТОГО по модулю:		4

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	Не предусмотрены
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Радиохимические технологии</li><li>2. Обращение с радиоактивными отходами</li><li>3. Радиационная и экологическая безопасность</li><li>4. Радиохимический анализ и радиоэкологический мониторинг</li></ol>

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Радиохимия и радиоэкология	УК-7 - Способен обрабатывать, анализировать, передавать данные и информацию с	З-3 - Сделать обзор современных цифровых средств и технологий, используемых для обработки, анализа и передачи данных при решении поставленных задач

<p>использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач с учетом требований информационной безопасности</p>	<p>У-2 - Выбирать современные цифровые средства и технологии для обработки, анализа и передачи данных с учетом поставленных задач</p> <p>П-2 - Решать поставленные задачи, используя эффективные цифровые средства и средства информационной безопасности</p>
<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p>
<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p>
<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для</p>

<p>проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p>
<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p>
<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>

		<p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	ОПК-6 - Способен планировать и	З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические

	<p>организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>
--	---	---

	<p>ПК-1 - Способен планировать и проводить научные исследования, в том числе с использованием радиоактивных веществ и материалов, решать научно-исследовательские и опытно-конструкторские задачи области радиохимических технологий, методов и технологий обеспечения их радиационной и экологической безопасности, использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты</p>	<p>З-1 - Сформулировать научную проблематику в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий</p> <p>З-4 - Характеризовать нормативные требования к организации работы с радиоактивными веществами, нормы и правила обеспечения радиационной безопасности</p> <p>У-3 - Использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты</p> <p>П-4 - Рассчитывать распад и накопления радионуклидов в природных и технических системах</p>
	<p>ПК-2 - Способен разрабатывать и совершенствовать радиохимические технологии, выделять основные факторы, влияющие на их экологическую безопасность, прогнозировать воздействие новых технологий на окружающую среду, разрабатывать методы радиохимического анализа и оценки состояния окружающей среды по радионуклидному признаку</p>	<p>З-1 - Сформулировать физико-химические основы технологических процессов с использованием радиоактивных веществ и материалов</p> <p>У-4 - Оценивать состояние окружающей среды по радионуклидному признаку</p> <p>У-5 - Оценивать экологическую безопасность действующих технологий с использованием радиоактивных веществ и материалов, а также прогнозировать воздействие новых радиохимических технологий на окружающую среду</p>
	<p>ПК-5 - Способен осуществлять технологические</p>	<p>З-1 - Разбираться в нормативных требованиях к организации работы с радиоактивными веществами, нормах и</p>



	<p>процессы с использованием радиоактивных и ядерных материалов, обращение с радиоактивными отходами, проводить радиометрические, спектрометрические измерения технологического сырья и продуктов, осуществлять радиохимический анализ</p>	<p>правилах обеспечения радиационной безопасности</p> <p>З-3 - Объяснить теоретические основы методов дозиметрии, радиометрии и спектрометрии ионизирующих излучений</p> <p>П-1 - Иметь навыками практической работы с радиоактивными веществами и материалами</p> <p>П-2 - Проводить радиометрические и спектрометрические измерения, статистическую обработку полученных результатов</p>
	<p>ПК-7 - Способен применять современные методы исследования, ставить и решать научно-исследовательские задачи в области природозащитных технологий, исследовать и прогнозировать поведение поллютантов в окружающей среде, анализировать полученные результаты</p>	<p>У-2 - Использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты</p> <p>У-3 - Проводить научно-исследовательские работы, в том числе с использованием радиоактивных веществ и материалов</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Радиохимия и радиоэкология**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Воронина Анна Владимировна	кандидат химических наук, доцент	Заведующий кафедрой	радиохимии и прикладной экологии

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Воронина Анна Владимировна, Заведующий кафедрой, радиохимии и прикладной экологии

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Физические основы радиохимии	
P1T1	Виды радиоактивного распада. Основной закон радиоактивного распада	Элементарные частицы и их основные характеристики. Виды радиоактивного распада, схемы радиоактивного распада, правила изображения.  Основной закон радиоактивного распада. Интегральная и дифференциальная формы основного закона радиоактивного распада.
P1T2	Последовательный радиоактивный распад. Радиоактивные равновесия. Радиоактивные семейства.	Последовательный радиоактивный распад. Генетически связанные пары радионуклидов. Радиоактивные равновесия. Радиоактивное семейство, включающее несколько радионуклидов. Формула Бейтмена. Природные радиоактивные семейства.
P1T3	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	Взаимодействие альфа-частиц и других тяжелых заряженных частиц с веществом. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Количественные закономерности ослабления бета-излучения. Взаимодействие электро-магнитного излучения с веществом. Фотоэлектрический эффект. Эффект Комптона. Образование электронно-позитронных пар.

<b>P2</b>	Ядерные реакции	<p>Общие сведения о ядерных реакциях. Механизмы ядерных реакций. Эффективное сечение. Расчет выходов ядерных реакций для случаев толстой и тонкой мишени.</p> <p>Использование ядерных реакций для получения радионуклидов. Взаимодействие нейтронов с веществом.</p>
<b>P3</b>	Измерение и обработка результатов измерения активности	<p>Детекторы ионизирующих излучений. Спектрометрия ядерных излучений. Качественный и количественный анализы спектров. Основы гамма-спектрометрии.</p> <p>Источники погрешностей, систематические и случайные погрешности, грубые промахи. Распределение Пуассона. Генеральная совокупность и ее характеристики. Выборка и выборочные характеристики. Примеры гипотез, выдвигаемых при обработке результатов измерения радиоактивности.</p> <p>Оценка результатов косвенных измерений.</p>
<b>P4</b>	Химические особенности систем, содержащих радионуклиды	
<b>P4.T1</b>	Особенности состояния и поведения вещества в ультрамалых количествах	<p>Физико-химические особенности состояния и поведения вещества в микроконцентрациях в водных растворах. Значение микроконцентрационного уровня растворов в общей и прикладной радиохимии</p>
<b>P4.T2</b>	Химические явления, сопровождающие ядерные превращения (химия "горячих атомов")	<p>Реакции горячих атомов. Радиационно-химический синтез и распад. Реакции изотопного обмена. Классификация реакций изотопного обмена по механизму процесса. Кинетика реакции изотопного обмена. Изотопные эффекты в природных и техногенных системах. Метод разделения изотопов Сцилларда-Чалмерса.</p>
<b>P4.T3</b>	Химическое действие излучений	<p>Радиационно-химические эффекты. Радиоллиз воды и водных растворов. Действие ионизирующих излучений на органические вещества. Особенности радиационных превращений в твердых веществах. Влияние ионизирующего излучения на кинетику растворения твёрдых тел Влияние облучения на коррозию твёрдых тел. Радиоллиз радиоактивных веществ под действием собственного излучения (авторадиолиз).</p>
<b>P5</b>	Элементы радиоэкологии	
<b>P5.T1</b>	Основные источники радиационного воздействия на окружающую среду	<p>Естественные источники ионизирующих излучений.</p> <p>Естественный радиационный фон. Техногенное рассеяние естественных радионуклидов.</p> <p>Искусственные источники ионизирующих излучений.</p> <p>Радиоактивное загрязнение в результате испытания ядерного оружия. Ионизирующие излучения в медицине</p>

<b>P5.T2</b>	Основы дозиметрии и радиационной безопасности	Биологическое действие ионизирующих излучений. Радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности. Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения.
<b>P5.T3</b>	Радиоэкологические проблемы ядерного топливного цикла	Ядерный топливный цикл. Радиоэкологические проблемы ЯТЦ в штатном режиме работы. Крупнейшие аварии, сопровождающиеся выбросом радионуклидов в окружающую среду. Оценка последствий и предотвращение радиационных аварий.
<b>P5.T4</b>	Миграция радионуклидов в окружающей среде	Распространение радионуклидов в атмосфере. Движение радионуклидов в водоёмах. Роль твёрдой фазы в движении и фиксации неорганических микрокомпонентов. Накопление радионуклидов в биоте.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Радиохимия и радиоэкология

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Маврищев, В. В.; Радиоэкология и радиационная безопасность: пособие для студентов вузов : учебное пособие.; ТетраСистемс, Минск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=78550> (Электронное издание)
2. Вдовенко, В. М.; Современная радиохимия : монография.; Атомиздат, Москва; 1969; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=476299> (Электронное издание)
3. Барсуков, О. А.; Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457408> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Сахаров, В. К.; Радиоэкология : учебное пособие для студентов физических и инженерно-физических специальностей вузов, обучающихся по направлению 651000 "Ядерная физика и технологии".; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2006 (22 экз.)
2. Сапожников, Ю. А., Алиев, Р. А., Калмыков, С. Н.; Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика : учебное и учебно-методическое пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 02.00.14 - "Радиохимия".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2006 (55 экз.)
3. Воронина, А. В., Бетенеков, Н. Д., Недобух, Т. А.; Прикладная радиоэкология : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2010 (11 экз.)
4. Бетенеков, Н. Д., Недобух, Т. А., Егоров, Ю. В.; Основы радиохимии : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (5 экз.)

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>

## Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

## Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>)

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

Поисковая система <http://www.yandex.ru>

Поисковая система <http://www.google.com>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Радиохимия и радиэкология

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
---	----------------------	--	---