

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Радиационная экология

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

06.03.01 - Биология

---

Направленность образовательной программы

Биология (общий профиль)

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.06 Радиационная экология относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии	ПК-1.1: Знает: - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах ПК-1.2: Умеет: - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах ПК-1.3: Владеет: - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования	ПК-1.1: Знает теоретические основы и современные достижения в области радиационной экологии;  ПК-1.2: Умеет применять экспериментальные и теоретические методы для исследований в области радиационной экологии;  ПК-1.3: Владеет устойчивыми навыками планирования и проведения исследования в области радиационной экологии.	Доклад Задачи Коллоквиум Тест	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	

<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>24</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>24</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>23</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1 Предмет и задачи радиоэкологии. Физические основы биологического действия ионизирующих излучений. Единицы измерения радиоактивности	5	2	2	4	1
Тема 2 Взаимодействие радиоактивных излучений с веществом. Биологические основы действия ионизирующего излучения.	16	6	4	10	6
Тема 3 Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений. Источники ионизирующих излучений в окружающей среде.	15	5	6	11	4
Тема 4 Атомная энергетика. Аварии на предприятиях ядерного топливного цикла. Нормы радиационной безопасности. Организация работы с источниками ионизирующих излучений	16	6	4	10	6
Тема 5 Радиационный мониторинг. Миграция радионуклидов	19	5	8	13	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	24	24	49	23

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Что изучает радиационная экология. Когда сформировалась радиационная экология как наука. Задачи радиационной экологии. Атом. Электрон, протон, нейтрон (масса и заряд). Ионизация. Изотопы, изобары и изотоны. Радиоактивность. Потенциал ионизации. Ионизирующее излучение. Характеристика основных типов ядерных превращений: альфа-распад; бета-распад (электронный и позитронный); К-захват; самопроизвольное деление ядер; термоядерные реакции. Альфа-частицы, бета-частицы, гамма-излучение (масса, заряд, линейная передача энергии, проникающая способность излучения в воздухе и биологической ткани, энергетический диапазон). Рентгеновское излучение. Как возникает гамма и рентгеновское излучения (тормозное и характеристическое излучения). Закон радиоактивного распада.
2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Упругое взаимодействие (столкновение) и

неупругое взаимодействие (столкновение). Взаимодействие альфа-излучения с веществом. Взаимодействие бета-излучения с веществом. Взаимодействие нейтронного излучения с веществом. Фотоэффект. Эффект Комптона, или комптоновское рассеяние. Образование электрон-позитронных пар.

3. Проникающая способность альфа-частиц, бета-частиц, рентгеновского и гамма-излучения. Экспоненциальная зависимость ослабления интенсивности потока ионизирующих частиц от толщины слоя вещества. Путь и пробег частицы в веществе. Линейная передача энергии (редкоионизирующее и плотноионизирующее излучения). Активность, экспозиционная доза, поглощенная доза, эквивалентная доза, эффективная эквивалентная доза (характеристика, единицы измерения (СИ и внесистемные единицы)). Мощность дозы.

4. Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений. Методы измерения радиоактивности. Приборы для измерения излучений. Дозиметрия и радиометрия. Основные элементы прибора, регистрирующего ионизирующее излучение. Основные типы детекторов и их принцип работы (ионизационные детекторы (счетчик Гейгера-Мюллера), полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные детекторы, химические детекторы, фотографические детекторы). Методы измерения радиоактивности: абсолютный метод (метод 4  $\pi$ -счета), расчетный метод, сравнительный метод.

5. Естественный и искусственный радиационный фон. Первичное и вторичное космическое излучение. Радиационные пояса (внешний и внутренний). Нормальный, допустимый, повышенный уровень радиационного фона. Четыре радиоактивные семейства. Родоначальники семейств. Особенности естественных радиоактивных семейств. Перечислить основные естественные радиоактивные изотопы, не входящие в семейства, и какому типу распада они подвержены.

6. Радиобиологический парадокс. Основные стадии формирования лучевого поражения (физическая, физико-химическая, химическая, биологическая) и их характеристика. Радиоллиз воды. Основные продукты радиолиза воды. Прямое и косвенное действие радиации. Кислородный эффект. Действие ионизирующего излучения на белки (при прямом и косвенном действии ионизирующего излучения). Действие ионизирующего излучения на нуклеиновые кислоты (при прямом и косвенном действии ионизирующего излучения). Действие ионизирующего излучения на липиды. Действие ионизирующего излучения на углеводы. Реакция клеток на облучение (типы реакций: радиационный блок митозов, митотическая гибель клетки, интерфазная гибель клетки).

7. Радиочувствительность различных тканей. Соматические радиационные эффекты облучения (стохастические и нестохастические) и генетические. Что такое лучевая болезнь. Острая (легкая, средняя, тяжелая, крайне тяжелая степени) и хроническая лучевая болезнь. Особенности внутреннего облучения инкорпорированными радиоактивными веществами. Принципы лечения лучевой болезни. Какие дозы относят к малым дозам. Радиационный гормезис. Модификация радиочувствительности: радиосенсибилизаторы, радиомиметики, радиопротекторы.

8. Что такое международная шкала ядерных событий. Кем и когда была разработана. Уровни международной шкалы ядерных событий. Краткая характеристика уровней шкалы. Инцидент. Авария. Примеры аварий разного уровня.

9. Основные элементы ядерного реактора, материалы из которых изготовлены эти элементы (основные понятия: активная зона реактора, ТВЭЛ, тепловыделяющая сборка, теплоноситель, регулирующие стержни, замедлитель нейтронов, оболочка для защиты от излучения). Типы ядерных реакторов и их принципиальное отличие друг от друга: водо-водяной энергетический реактор, реактор большой мощности канальный, реактор на тяжелой воде, реактор с шаровой засыпкой и газовым контуром, реактор на быстрых нейтронах. Примеры АЭС с водо-водяным энергетическим реактором, которые функционируют в настоящее время.

10. Сфера деятельности ПО «Маяк». Где находится ПО «Маяк». Крупные аварии на ПО «Маяк»: Кыштымская авария (Восточно-уральский радиоактивный след); аварийная ситуация на озере Карачай (Карачаевский радиоактивный след): когда произошла авария, причины аварии, масштаб загрязнения радиоактивными отходами, уровень аварии по международной шкале ядерных событий. Авария на АЭС Фукусима-1. Когда произошла авария, причины аварии, масштаб загрязнения радиоактивными отходами, уровень аварии по международной шкале ядерных событий.

11. Что такое НРБ-99/09. Кем разработаны НРБ-99/09. Планируемое повышение облучения, в каких случаях допускается. Могут ли лица, облученные при аварии или запланированном повышенном облучении в дозах, превышающих пределы доз, работать с источниками ионизирующих излучений в дальнейшем? Основные противопоказания для работы с источниками ионизирующих излучений
12. Радиационный мониторинг. Нормирование и организация радиационного контроля при отводе территорий под строительство: контролируемые параметры при отводе территорий под строительство; требования НРБ-99/09 по ограничению облучения людей от радона и торона при проектировании новых зданий и в эксплуатируемых зданиях. Требования радиационной безопасности, которые предъявляются к строительным материалам (для жилых и общественных зданий, материалов, которые используются в дорожном строительстве).
13. Радиационный мониторинг. Критерии вмешательства на загрязненных территориях. Зона радиационного контроля, зона ограниченного проживания населения, зона отселения, зона отчуждения. Дезактивация радиоактивных территорий: полная и частичная (биологический метод, механический метод, метод конкурентной защиты).
14. Аварии на объектах ядерной энергетики (Три-Майн-Айленд, Уиндскейл, Чернобыльская АЭС, «Красное Сормово»). Когда произошла авария, тип реактора, причины аварии, масштаб загрязнения радиоактивными отходами, уровень аварии по международной шкале ядерных событий.
15. Ядерный топливный цикл: открытый и закрытый. Этапы замкнутого ядерного топливного цикла. Преимущества и недостатки открытого и закрытого ядерного топливного цикла. Что такое радиоактивные отходы. Источники радиоактивных отходов на АЭС (газообразные, жидкие, твердые). Варианты захоронения радиоактивных отходов. Чем обусловлен выбор площадки под строительство хранилища высокоактивных радиоактивных отходов. Причины снятия АЭС с эксплуатации. Способы снятия АЭС с эксплуатации и их характеристика: непосредственный быстрый демонтаж электростанции, отсроченный демонтаж, изоляция.
16. Радон. Радоновый риск. Свойства радона. Поступление радона в жилые помещения: поступление радона с атмосферным воздухом, поступление радона из почвы, поступление радона с водой. Выделение радона из строительных материалов. Требования НРБ-99/09 по ограничению облучения людей от радона.
17. Радиоактивность оболочек Земли. Радиоактивность горных пород. Сравнение (больше/меньше) удельной радиоактивности различных горных пород (кислые, средние, основные, ультраосновные, известняки, песчаники, сланцы глинистые). Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность горных пород. Радиоактивность почв. Факторы, формирующие радиоактивность почв. Сравнение (больше/меньше) удельной радиоактивности основных типов почв. Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность почв. Радиоактивность природных вод. Факторы, формирующие радиоактивность природных вод. Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность природных вод. Радиоактивность атмосферного воздуха. Факторы, формирующие радиоактивность атмосферного воздуха. Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность атмосферного воздуха.
18. Миграция радионуклидов. Распространение радионуклидов в атмосфере Природная и техногенная миграция радионуклидов. Горизонтальная, вертикальная, смешанная миграция радионуклидов. Разбавление и перемешивание радиоактивного облака турбулентными вихрями (соотношение размеров облака и вихря). Движение потоков воздуха в тропосфере в высоких и низких широтах. Осаждение радионуклидов из атмосферы (зона переходных зародышевых частиц, зона аккумуляционных частиц, зона гигантских частиц). Повторное загрязнение атмосферы радионуклидами.
19. Миграция радионуклидов. Перемещение радиоактивных веществ в гидросфере. Основные пути поступления радионуклидов в гидросферу. Факторы, определяющие миграцию радионуклидов в гидросфере. Коэффициент распределения радионуклидов. Группы радионуклидов по характеру распределения в гидросфере. Пути аккумуляции радионуклидов гидробионтами.
20. Миграция радионуклидов в почве. Факторы, влияющие на миграцию радионуклидов разнообразны по природе и степени влияния. Процессы, ответственные за миграцию радионуклидов в почве. Формы

нахождения радионуклидов в почвах. Свойства почв, влияющие на поглощение и закрепление радионуклидов почвами.

21. Миграция радионуклидов. Факторы, влияющие на накопление радионуклидов в растениях.

Биологическая подвижность радионуклидов. Пути поступления радиоактивных веществ в растения.

Факторы, которые способствуют удалению радионуклидных осадков с поверхности растений. Влияние особенностей почв района выпадений на накопление радионуклидов растениями. Влияние способов обработки почв и мелиорации на переход радионуклидов в растения. Периоды в развитии радиационной ситуации.

22. Миграция радионуклидов. Пути поступления радиоактивных веществ в организм животных.

Коэффициент накопления радиоактивных веществ. Коэффициент всасывания радиоактивных веществ.

Распределение нуклидов по органам и тканям. Выведение радионуклидов из организма животных.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 14 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).

- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: -

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Студентам предлагается индивидуально подготовить доклад и его презентацию. Оценочное средство в виде подготовки доклада с последующей презентацией используется при проведении практического занятия во время аудиторной работы. Студентам предлагается самостоятельно проанализировать проблему, подготовить доклад, на его основе сделать презентацию доклада в слайдах с помощью программы POWER POINT и выступить перед студенческой аудиторией с представлением результатов исследования. Примеры тем докладов на семинарах:

1. Возникновение радиационной экологии как науки

2. Естественная радиоактивность

3. Применение радионуклидов и ионизирующих излучений в различных узких областях науки и техники

4. Нормирование в области радиационной безопасности: нормативные акты, законы, правила.

5. Мероприятия по сокращению поступления радиоактивных веществ в организм человека

6. Источники радиации, созданные человеком. Источники, используемые в медицине

7. Добыча и переработка радиоактивных руд

8. Отходы ядерной энергетики

9. Способы утилизации радиоактивных отходов. Гамма-съемка местности

**Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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 6 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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1) В ядре изотопа Si-27 один из протонов превратился в нейтрон. Напишите уравнение ядерной реакции. Какое ядро получилось в результате такого превращения? Определите его массовое число и зарядовое число.

2) Определить в процентах (по массе) состав радиоактивных атомов Fe-59 в образце металлического железа активностью  $10^{10}$  Бк и массой 10 г.  $T_{1/2}(\text{Fe-59})=44,529$  суток

3) Ядро Zn-65 захватило электрон из К-оболочки атома. Напишите уравнение ядерной реакции. Укажите в ядро какого элемента превратилось ядро цинка в результате К-захвата? Определите его массовое число и зарядовое число.

4) Определить удельную активность К-40 в образце, представляющем собой соль KCl, если содержание К-40 в естественном калии составляет 0,0118 % по массе.  $T_{1/2}$  (К-40)= $1.2 \cdot 10^9$  лет. Масса KCl 1 г.

5) Ядро какого химического элемента является продуктом одного альфа-распада и двух электронных бета-распадов ядра Th-234

6) Рассчитать массу навески сульфата калия ( $^{40}\text{K}_2\text{SO}_4$ ), необходимую для изготовления эталона бета-распада активностью 15 Бк.  $T_{1/2}$  (К-40)= $1.2 \cdot 10^9$  лет

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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 6 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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Предмет и задачи радиационной экологии. Типы ядерных превращений. Закон радиоактивного распада
2. Международная шкала ядерных событий.
3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.



4. Миграция радионуклидов.
5. Проникающая способность ионизирующих излучений. Единицы измерения радиоактивности.
6. Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений.
7. Естественный и искусственный радиационный фон.
8. НРБ-99/09. Радиационный мониторинг. Нормирование и организация радиационного контроля при отводе территорий под строительство
9. Радон. Радоновый риск. Свойства радона.
10. Аварии на объектах ядерной энергетики.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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 6 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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

#### **5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Радиоэкология – это наука, изучающая:
  - а) особенности существования животных и закономерности, протекающие в их естественных популяциях и биогеоценозах при воздействии на них радиационных факторов среды обитания;
  - б) действие всех видов ионизирующих излучений на живые организмы, их сообщества и биосферу в целом;

в) пути поступления радиоактивных изотопов в организм, закономерности распределения в нем и включение в молекулярные структуры тканей, особенности накопления в различных органах и выведение их из организма;  
г) закономерности загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами, их миграция по пищевым цепочкам в биогеоценозе и влияние на живые организмы.

2. Самопроизвольное превращение ядер атомов химических элементов в ядра других элементов, сопровождающееся выделением ионизирующих излучений, называется:

- а) дозой излучения;
- б) дозой облучения;
- в) мощностью дозы;
- г) радиоактивностью.

3. Образующийся при альфа-распаде (дочерний элемент) смещается относительно исходного (материнского) в таблице элементов Д.И. Менделеева:

- а) на 1 клетку влево;
- б) на 2 клетки влево;
- в) на 1 клетку вправо;
- г) на 2 клетки вправо.

4. Образующийся при бета-распаде (электронном) элемент смещается относительно исходного в таблице элементов Д.И. Менделеева:

- а) на 1 клетку влево;
- б) на 2 клетки влево;
- в) на 1 клетку вправо;
- г) на 2 клетки вправо.

5. Количество любого радиоактивного изотопа со временем, вследствие радиоактивного превращения ядер:

- а) стабилизируется;
- б) увеличивается в геометрической прогрессии;
- в) изменяется в зависимости от воздействия физических и химических факторов;
- г) уменьшается согласно закону радиоактивного распада.

6. Единицей радиоактивности в международной системе (СИ) является:

- а) кюри;
- б) зиверт;
- в) миллиграмм эквивалент радия;
- г) беккерель.

7. Пробег бета-частиц в воздухе достигает:

- а) до 25 м;
- б) до 10 см;
- в) до 150 м;
- г) до 1 см.

8. При прохождении через вещество гамма-кванта с энергией не менее 1,022 МэВ проявляется следующий из эффектов:

- а) образование электрон-позитронных пар;
- б) фотоэффект;

- в) комптон-эффект;
- г) К-захват.

9. Процесс измерения количества радиоактивных веществ и определения их концентрации в различных объектах исследования называется:

- а) дозиметрия;
- б) радиометрия;
- в) определение удельной радиоактивности;
- г) определение абсолютной активности.

10. Доза, характеризующая ионизирующую способность ионизирующего излучения в воздухе, называется:

- а) эквивалентная;
- б) поглощенная;
- в) экспозиционная;
- г) эффективная эквивалентная.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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 6 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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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 отдельным и 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

<b>зачтено</b>	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Что изучает радиационная экология. Когда сформировалась радиационная экология как наука. Задачи радиационной экологии. Атом. Электрон, протон, нейтрон (масса и заряд). Ионизация. Изотопы, изобары и изотоны. Радиоактивность. Потенциал ионизации. Ионизирующее излучение. Характеристика основных типов ядерных превращений: альфа-распад; бета-распад (электронный и позитронный); К-захват; самопроизвольное деление ядер; термоядерные реакции. Альфа-частицы, бета-частицы, гамма-излучение (масса, заряд, линейная передача энергии, проникающая способность излучения в воздухе и биологической ткани, энергетический диапазон). Рентгеновское излучение. Как возникает гамма и рентгеновское излучения (тормозное и характеристическое излучения). Закон радиоактивного распада.

2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Упругое взаимодействие (столкновение) и неупругое взаимодействие (столкновение). Взаимодействие альфа-излучения с веществом. Взаимодействие бета-излучения с веществом. Взаимодействие нейтронного излучения с веществом. Фотоэффект. Эффект Комптона, или комптоновское рассеяние. Образование электрон-позитронных пар.

3. Проникающая способность альфа-частиц, бета-частиц, рентгеновского и гамма-излучения. Экспоненциальная зависимость ослабления интенсивности потока ионизирующих частиц от толщины слоя вещества. Путь и пробег частицы в веществе. Линейная передача энергии (редкоионизирующее и плотноионизирующее излучения). Активность, экспозиционная доза, поглощенная доза, эквивалентная доза, эффективная эквивалентная доза (характеристика, единицы измерения (СИ и внесистемные единицы)). Мощность дозы.

4. Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений. Методы измерения радиоактивности. Приборы для измерения излучений. Дозиметрия и радиометрия. Основные элементы прибора, регистрирующего ионизирующее излучение. Основные типы детекторов и их принцип работы (ионизационные детекторы (счетчик Гейгера-Мюллера), полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные детекторы, химические детекторы, фотографические детекторы). Методы измерения радиоактивности: абсолютный метод (метод 4  $\pi$ -счета), расчетный метод, сравнительный метод.
5. Естественный и искусственный радиационный фон. Первичное и вторичное космическое излучение. Радиационные пояса (внешний и внутренний). Нормальный, допустимый, повышенный уровень радиационного фона. Четыре радиоактивные семейства. Родоначальники семейств. Особенности естественных радиоактивных семейств. Перечислить основные естественные радиоактивные изотопы, не входящие в семейства, и какому типу распада они подвержены.
6. Радиобиологический парадокс. Основные стадии формирования лучевого поражения (физическая, физико-химическая, химическая, биологическая) и их характеристика. Радиоллиз воды. Основные продукты радиоллиза воды. Прямое и косвенное действие радиации. Кислородный эффект. Действие ионизирующего излучения на белки (при прямом и косвенном действии ионизирующего излучения). Действие ионизирующего излучения на нуклеиновые кислоты (при прямом и косвенном действии ионизирующего излучения). Действие ионизирующего излучения на липиды. Действие ионизирующего излучения на углеводы. Реакция клеток на облучение (типы реакций: радиационный блок митозов, митотическая гибель клетки, интерфазная гибель клетки).
7. Радиочувствительность различных тканей. Соматические радиационные эффекты облучения (стохастические и нестохастические) и генетические. Что такое лучевая болезнь. Острая (легкая, средняя, тяжелая, крайне тяжелая степени) и хроническая лучевая болезнь. Особенности внутреннего облучения инкорпорированными радиоактивными веществами. Принципы лечения лучевой болезни. Какие дозы относят к малым дозам. Радиационный гормезис. Модификация радиочувствительности: радиосенсибилизаторы, радиомиметики, радиопротекторы.
8. Что такое международная шкала ядерных событий. Кем и когда была разработана. Уровни международной шкалы ядерных событий. Краткая характеристика уровней шкалы. Инцидент. Авария. Примеры аварий разного уровня.
9. Основные элементы ядерного реактора, материалы из которых изготовлены эти элементы (основные понятия: активная зона реактора, ТВЭЛ, тепловыделяющая сборка, теплоноситель, регулирующие стержни, замедлитель нейтронов, оболочка для защиты от излучения). Типы ядерных реакторов и их принципиальное отличие друг от друга: водо-водяной энергетический реактор, реактор большой мощности канальный, реактор на тяжелой воде, реактор с шаровой засыпкой и газовым контуром, реактор на быстрых нейтронах. Примеры АЭС с водо-водяным энергетическим реактором, которые функционируют в настоящее время.
10. Сфера деятельности ПО «Маяк». Где находится ПО «Маяк». Крупные аварии на ПО «Маяк»: Кыштымская авария (Восточно-уральский радиоактивный след); аварийная ситуация на озере Карачай (Карачаевский радиоактивный след): когда произошла авария, причины аварии, масштаб загрязнения радиоактивными отходами, уровень аварии по международной шкале ядерных событий. Авария на АЭС Фукусима-1. Когда произошла авария, причины аварии, масштаб загрязнения радиоактивными отходами, уровень аварии по международной шкале ядерных событий.
11. Что такое НРБ-99/09. Кем разработаны НРБ-99/09. Планируемое повышение облучения, в каких случаях допускается. Могут ли лица, облученные при аварии или запланированном повышенном облучении в дозах, превышающих пределы доз, работать с источниками ионизирующих излучений в дальнейшем? Основные противопоказания для работы с источниками ионизирующих излучений

12. Радиационный мониторинг. Нормирование и организация радиационного контроля при отводе территорий под строительство: контролируемые параметры при отводе территорий под строительство; требования НРБ-99/09 по ограничению облучения людей от радона и торона при проектировании новых зданий и в эксплуатируемых зданиях. Требования радиационной безопасности, которые предъявляются к строительным материалам (для жилых и общественных зданий, материалов, которые используются в дорожном строительстве).

13. Радиационный мониторинг. Критерии вмешательства на загрязненных территориях. Зона радиационного контроля, зона ограниченного проживания населения, зона отселения, зона отчуждения. Дезактивация радиоактивных территорий: полная и частичная (биологический метод, механический метод, метод конкурентной защиты).

14. Аварии на объектах ядерной энергетики (Три-Майн-Айленд, Уиндскейл, Чернобыльская АЭС, «Красное Сормово»). Когда произошла авария, тип реактора, причины аварии, масштаб загрязнения радиоактивными отходами, уровень аварии по международной шкале ядерных событий.

15. Ядерный топливный цикл: открытый и закрытый. Этапы замкнутого ядерного топливного цикла. Преимущества и недостатки открытого и закрытого ядерного топливного цикла. Что такое радиоактивные отходы. Источники радиоактивных отходов на АЭС (газообразные, жидкие, твердые). Варианты захоронения радиоактивных отходов. Чем обусловлен выбор площадки под строительство хранилища высокоактивных радиоактивных отходов. Причины снятия АЭС с эксплуатации. Способы снятия АЭС с эксплуатации и их характеристика: непосредственный быстрый демонтаж электростанции, отсроченный демонтаж, изоляция.

16. Радон. Радоновый риск. Свойства радона. Поступление радона в жилые помещения: поступление радона с атмосферным воздухом, поступление радона из почвы, поступление радона с водой. Выделение радона из строительных материалов. Требования НРБ-99/09 по ограничению облучения людей от радона.

17. Радиоактивность оболочек Земли. Радиоактивность горных пород. Сравнение (больше/меньше) удельной радиоактивности различных горных пород (кислые, средние, основные, ультраосновные, известняки, песчаники, сланцы глинистые). Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность горных пород. Радиоактивность почв. Факторы, формирующие радиоактивность почв. Сравнение (больше/меньше) удельной радиоактивности основных типов почв. Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность почв. Радиоактивность природных вод. Факторы, формирующие радиоактивность природных вод. Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность природных вод. Радиоактивность атмосферного воздуха. Факторы, формирующие радиоактивность атмосферного воздуха. Какими основными природными радиоизотопами обусловлена радиоактивность атмосферного воздуха.

18. Миграция радионуклидов. Распространение радионуклидов в атмосфере Природная и техногенная миграция радионуклидов. Горизонтальная, вертикальная, смешанная миграция радионуклидов. Разбавление и перемешивание радиоактивного облака турбулентными вихрями (соотношение размеров облака и вихря). Движение потоков воздуха в тропосфере в высоких и низких широтах. Осаждение радионуклидов из атмосферы (зона переходных зародышевых частиц, зона аккумуляционных частиц, зона гигантских частиц). Повторное загрязнение атмосферы радионуклидами.

19. Миграция радионуклидов. Перемещение радиоактивных веществ в гидросфере. Основные пути поступления радионуклидов в гидросферу. Факторы, определяющие миграцию радионуклидов в гидросфере. Коэффициент распределения радионуклидов. Группы радионуклидов по характеру распределения в гидросфере. Пути аккумуляции радионуклидов гидробионтами.

20. Миграция радионуклидов в почве. Факторы, влияющие на миграцию радионуклидов разнообразны по природе и степени влияния. Процессы, ответственные за миграцию радионуклидов в

почве. Формы нахождения радионуклидов в почвах. Свойства почв, влияющие на поглощение и закрепление радионуклидов почвами.

21. Миграция радионуклидов. Факторы, влияющие на накопление радионуклидов в растениях. Биологическая подвижность радионуклидов. Пути поступления радиоактивных веществ в растения. Факторы, которые способствуют удалению радионуклидных осадков с поверхности растений. Влияние особенностей почв района выпадений на накопление радионуклидов растениями. Влияние способов обработки почв и мелиорации на переход радионуклидов в растения. Периоды в развитии радиационной ситуации.

22. Миграция радионуклидов. Пути поступления радиоактивных веществ в организм животных. Коэффициент накопления радиоактивных веществ. Коэффициент всасывания радиоактивных веществ. Распределение нуклидов по органам и тканям. Выведение радионуклидов из организма животных.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
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 «плохо»

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Пивоваров Юрий Петрович. Радиационная экология : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Экология". - М. : Академия, 2004. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - ISBN 5-7695-1466-3 : 122.00., 21 экз.
2. Барсуков Олег Александрович. Радиационная экология = Radiation Ecology. - М. : Научный мир, 2003. - 253 с. - ISBN 5-89176-198-X : 35.00., 1 экз.
3. Белозерский Геннадий Николаевич. Радиационная экология : учеб. для вузов, обучающихся по специальности "Экология". - М. : Академия, 2008. - 348 с. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - ISBN 978-5-7695-3962-6 : 436.70., 1 экз.
4. Смирнов Станислав Николаевич. Радиационная экология : учеб. пособие / Междунар. независимый эколого-политол. ун-т. - М. : Изд-во МНЭПУ, 2000. - 334 с. : ил., табл., схемы. - (Физические основы экологии). - ISBN 5-7383-0053-X : 35.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Ярмоненко С. П. Радиобиология человека и животных : [учеб. для биол. и мед. специальностей вузов] . - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1988. - 424 с. : ил. - ISBN 5-06-000469-4 (в пер.) : 1.20., 3 экз.

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



<http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/79.pdf>.  
ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>,  
ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com/>,  
ЭБС «Юрайт» <https://www.biblio-online.ru/>,  
Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary» <http://www.studentlibrary.ru/>,  
Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 06.03.01 - Биология.

Автор(ы): Шилягина Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент.

Рецензент(ы): Синицына Юлия Витальевна, кандидат биологических наук.

Заведующий кафедрой: Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023 г., протокол № 2.