

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

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

05.04.06 - Экология и природопользование

---

Направленность образовательной программы

Проектно-промышленная экология

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.01 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-2: Способен творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры	ПК-2.1: Знает: - фундаментальные и прикладные разделов специальных дисциплин программы магистратуры ПК-2.2: Умеет: - творчески использовать знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры в научной деятельности ПК-2.3: Владеет: - навыками творческого использования знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры в производственно-технологической деятельности	ПК-2.1: Знает: -основные источники радиации и радиоактивного загрязнения окружающей среды; - особенности действия радиации на живые организмы, а так же нормы радиационной безопасности.  ПК-2.2: Умеет: -характеризовать основные группы естественных и искусственных радионуклидов; - ориентироваться в последствиях радиоактивного загрязнения окружающей среды.  ПК-2.3: Владеет: - навыками расчета доз облучения и радиоактивности; - методами контроля уровня радиационной безопасности.	Доклад	Экзамен: Контрольная работа

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4

<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>14</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>14</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1.Предмет радиоэкологии.	6	2		2	4
Тема 2. Типы ионизирующих излучений.	8	2		2	6
Тема 3. Относительная биологическая эффективность радиации. /ОБЭ/.	6	2		2	4
Тема 4. Принцип попадания и мишени в радиобиологии	8	2		2	6
Тема 5. Прямое и косвенное действие радиации.	8		2	2	6
Тема 6. Реакция клеток на облучение.	6		2	2	4
Тема 7. Радиобиология поражения систем организма.	8		2	2	6
Тема 8. Радиочувствительность организма. Лучевая болезнь человека.	6	2		2	4
Тема 9. Модифицированные варианты лучевого воздействия.	6		2	2	4
Тема 10. Отдаленные последствия облучения.	8		2	2	6
Тема 11. Источники излучений в биосфере.	8	2		2	6
Тема 12. Основы нормирования излучений.	10	2		2	8
Тема 13. Закономерности осаждения и миграции радионуклидов в экосистемах.	8		2	2	6
Тема 14. Поступление радионуклидов в растения и организм животных.	10		2	2	8
Аттестация	36				
КСР	2			2	

Итого	144	14	14	30	78
-------	-----	----	----	----	----

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Предмет радиоэкологии. Предмет и задача радиоэкологии. Ионизирующая радиация как экологический фактор. Радиация и здоровье населения. Элементы ядерной физики. Строение вещества. Строение ядра. Понятие об изотопах, изомерах, изобарах, изотонах. Ядерные силы и дефект масс. Радиоактивность. Характеристики радиоактивных излучений. Типы ядерных превращений. Закон радиоактивного распада.

Тема 2. Типы ионизирующих излучений. Взаимодействие радиоактивных излучений с веществом. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений. Единицы измерения дозы и мощности излучения. Активность радиоактивного элемента и единицы активности. Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений. Ионизационная камера. Счетчики Гейгера-Мюллера. Сцинтилляционный метод регистрации излучений. Полупроводниковые детекторы ионизирующих излучений. Фотографический и химический способы регистрации. Колориметрический метод. Спектрометры.

Тема 3. Относительная биологическая эффективность радиации. /ОБЭ/. Механизмы воздействия ионизирующей радиации на организм на макромолекулы, структуры клетки, биохимические процессы, органы и ткани, жизненный цикл организма. Сравнительная радиочувствительность организмов. Характеристики основных экологически значимых радионуклидов. Экологические особенности биологически значимых радионуклидов. Искусственные радионуклиды - стронций-90, цезий-132, плутоний, их физико-химические формы в радиоактивных выпадениях.

Тема 4. Принцип попадания и мишени в радиобиологии. Радионуклиды в биосфере. Природные радионуклиды. Естественный радиационный фон. Искусственно-измененный радиационный фон. Радиационный мутагенез как фактор формирования флоры и фауны. Радиация как фактор формирования органических отложений. Радиация и антропогенез. Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды. Основные источники фонового облучения человека. Защита организмов от радиационного поражения. Зоны повышенного содержания естественных радионуклидов. Поведение долгоживущих искусственных радионуклидов в организме животных, растений и грибов. Пути поступления в организм, распределение по органам и тканям, удержание и выведение радионуклидом стронция, цезия и плутония. Поведение в организме трансплутониевых радионуклидов: нептуния, америция, кюрия.

Тема 5. Прямое и косвенное действие радиации. Прямое действие — это непосредственное действие излучения на биологический объект, обусловленное ионизацией и возбуждением входящих в него атомов и состоит из поглощения энергии, образования метастабильных состояний, ведущих к появлению стабильных пораженных либо измененных биомолекул. Косвенное действие осуществляется продуктами радиолиза воды, входящей во все живые системы.

Тема 6. Реакция клеток на облучение. В живой клетке постоянно осуществляется обмен веществ с внешней средой, между отдельными внутриклеточными структурами. Молекулярные повреждения, возникшие в клетках на начальных стадиях действия ионизирующих излучений, изменяют ход обменных процессов, осуществляющихся при участии поврежденных структур. Поскольку локализация и характер первичных повреждений в той или иной молекулярной структуре клетки носит в значительной степени вероятностный характер, весьма разнообразны и связанные с ними изменения метаболизма.

Тема 7. Радиобиология поражения систем организма. Радиобиологические эффекты — функциональные и морфологические изменения, развивающиеся в организме в результате воздействия на него излучения. Биологические эффекты ионизирующих излучений различны, и зависят от вида и интенсивности облучения. Биологические эффекты различных излучений изучаются радиобиологией. По критерию механизмов формирования эффекты излучения делят на мишенные и немишенные. Мишенные

радиобиологические эффекты состоят из двух групп — детерминированные и стохастические. По новой терминологии МКРЗ вместо термина «детерминированные эффекты» используется наименование «тканевые реакции».

Тема 8. Радиочувствительность организма. Лучевая болезнь человека. Лучевая болезнь — общее заболевание, вызываемое влиянием на организм радиоактивного излучения в диапазоне, превышающем предельно допустимые дозы. Протекает с поражением кроветворной, нервной, пищеварительной, кожной, эндокринной и других систем. В течение жизни человек постоянно подвергается воздействию малых доз ионизирующего излучения, исходящего как от внешних (естественных и техногенных), так и внутренних источников, проникающих в организм при дыхании, потреблении воды и пищи и накапливающихся в тканях.

Тема 9. Модифицированные варианты лучевого воздействия. Модификаторы радиочувствительности могут быть различного происхождения: во-первых, химические вещества, которые взаимодействуют с первичными продуктами радиационно-химических реакций (т. е. со свободными радикалами); во-вторых, факторы физической природы, которые воздействуют непосредственно на ход радиохимической реакции или косвенно на физиологические процессы, изменяя при этом развитие лучевого поражения. По механизму действия модификаторы разделяются на две группы: модификаторы, которые действуют на развитие лучевого поражения, и модификаторы, которые действуют на репарацию.

Тема 10. Отдаленные последствия облучения. Отдаленные последствия облучения представляют собой стохастические и соматические эффекты, которые проявляются через несколько месяцев или лет после однократного или хронического облучения.

Соматические эффекты — это неизбежная патология, которая возникает в ответ на большие дозы радиоактивного облучения. Могут быть ближайшими и отдаленными. К ближайшим как раз относится лучевая болезнь, ожоги и стерилизация. Отдаленные представлены радиокатарактогенезом, склерозом, радиоканцерогенезом и др. Стохастические эффекты — это вредные биологические эффекты облучения. Например, умственная отсталость, пороки развития и генетические аномалии у будущего потомства. А так же лейкозы, злокачественные новообразования и хромосомные мутации у пострадавшего. Соматический эффект прежде всего проявляется в сокращении продолжительности жизни и появлении злокачественных новообразований.

Тема 11. Источники излучений в биосфере. Радионуклиды в биосфере. Природные радионуклиды. Естественный радиационный фон. Искусственно-измененный радиационный фон. Радиационный мутагенез как фактор формирования флоры и фауны. Радиация как фактор формирования органических отложений. Радиация и антропогенез. Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды. Основные источники фонового облучения человека. Защита организмов от радиационного поражения. Зоны повышенного содержания естественных радионуклидов. Поведение долгоживущих искусственных радионуклидов в организме животных, растений и грибов. Пути поступления в организм, распределение по органам и тканям, удержание и выведение радионуклидом стронция, цезия и плутония. Поведение в организме трансплутониевых радионуклидов: нептуния, америция, кюрия.

Тема 12. Основы нормирования излучений. Принципы регламентации дозовых нагрузок для вновь предлагаемой и продолжающейся практической деятельности остались аналогичными прежним, но подверглись изменению в сторону детализации и уточнения.

Никакая практическая деятельность, связанная с облучением, не должна приниматься, если польза от нее для облученных лиц или общества в целом не превышает ущерба от вызванного ею облучения (оправданность практической деятельности). Для любого отдельного источника в рамках данной практической деятельности значения индивидуальных доз, число облученных лиц и возможность подвергнуться облучениям, которые не обязательно случаются, должны поддерживаться на столь низких уровнях, какие только могут быть разумно достигнуты с учетом экономических и социальных факторов. Эту процедуру следует ограничивать, сужая диапазон доз у отдельных лиц (используя граничные дозы) или уменьшая риск для отдельных лиц в случае потенциальных облучений (используя граничные риски), чтобы положить предел несправедливости, которая может возникнуть в результате процедуры экономического и социального оправдания (оптимизации защиты).

Тема 13. Закономерности осаждения и миграции радионуклидов в экосистемах. Закономерности накопления радионуклидов в биоте основных природных зон России: тундра, тайга, смешанные леса, широколиственные леса, лесостепь, степь и полупустыни, пустыни.

Накопление радионуклидов растениями, грибами, основными группами животных: червями, моллюсками, членистоногими, млекопитающими, птицами, амфибиями и рептилиями.

Тема 14. Поступление радионуклидов в растения и организм животных. При попадании радионуклидов в систему они оказывают негативное влияние на все ее составляющие. Почва является основным источником их перехода в систему. Под миграцией радионуклидов в почве следует понимать совокупность процессов, ведущих к их перемещениям в почве и обуславливающих перераспределение по глубине и в горизонтальном направлении. Миграционные способности радионуклидов в почве и их включение в биологические циклы определяются большим количеством свойств самих радионуклидов, почвы, различными факторами окружающей среды. В результате перемещения в почве и последующего корневого поглощения радиоактивные вещества поступают в части растений представляющих пищевую или кормовую ценность. Пищевые цепочки представляют собой ряд последовательных этапов, по которым осуществляется трансформирование вещества и энергии в экосистеме. Все живые организмы связаны между собой, поскольку они являются объектами питания.

#### **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.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Цель самостоятельной работы – подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет;
- подготовка к семинарским занятиям;
- подготовка к тестам ;
- подготовка доклада ;
- подготовка к зачету.

Изучение понятийного аппарата дисциплины

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины различные экологические энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные в списке литературы.

Изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Изучение вопросов очередной темы требует глубокого усвоения теоретических основ, раскрытия сущности основных категорий экологического знания, проблемных аспектов состояния окружающей среды на современном этапе развития биосферы и анализа фактического материала.

Работа над основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым темам дисциплины.

Самоподготовка к семинарским занятиям

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию необходимо помнить, что данная дисциплина тесно связана с параллельно изучаемыми на предыдущих курсах дисциплинами.

На практические занятия студент должен приходить подготовленным, во время устного опроса последовательно излагать свои мысли, и аргументировано их отстаивать.

Для достижения этой цели необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- 3) изучить рекомендованную учебно-методическим комплексом литературу по теме;
- 4) тщательно изучить лекционный материал;
- 5) ознакомиться с вопросами очередного семинарского занятия;

Изучение вопросов очередной темы требует глубокого усвоения теоретических основ дисциплины, раскрытия сущности основных положений, проблемных аспектов темы и анализа фактического материала.

При презентации материала на практическом занятии следует использовать среду Power Point, что существенно повышает степень визуализации, а, следовательно, доступности, понятности материала.

Самостоятельная работа студента при подготовке к зачету

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки биологов-исследователей.

Промежуточной формой контроля успеваемости студентов по учебной дисциплине «Почвоведение» является зачет.

Бесспорным фактором успешного завершения курса является кропотливая, систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины. В этом случае подготовка к зачету будет являться концентрированной систематизацией всех полученных знаний по экологии и природопользованию.

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к зачету по данной дисциплине, а также использовать в процессе обучения программу, другие методические материалы, разработанные преподавателем по данной дисциплине. Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса за счет:

- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) подготовки рефератов-презентаций по темам, наиболее заинтересовавшие студента;
- в) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- г) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

Кроме того, наличие перечня вопросов в период обучения позволит выбрать из предложенных преподавателем учебников наиболее оптимальный для каждого студента, с точки зрения его индивидуального восприятия материала, уровня сложности и стилистики изложения.

После изучения соответствующей тематики рекомендуется проверить наличие и формулировки вопроса по этой теме в перечне вопросов к зачету, а также попытаться изложить ответ на этот вопрос. Если возникают сложности при раскрытии материала, следует вновь обратиться к лекционному материалу, материалам практических занятий, уточнить терминологический аппарат темы, а также проконсультироваться с преподавателем.

Самостоятельная работа осуществляется в виде углубленной разработки студентами учебных вопросов, не обязательно рассматриваемых на лекционных занятиях. Контроль выполнения самостоятельной работы проводится в виде докладов и компьютерных презентаций студентов на семинарских занятиях.

## **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-2:**

##### Темы выступлений с презентациями:

##### **Раздел 1. Физические основы радиоэкологии.**

1. Взаимосвязь радиоэкологии с другими направлениями биологии и физики. Ионизирующие излучения как фактор среды обитания. Техногенный радиационный фон. История изучения влияния излучений на экосистемы. Развитие и становление радиоэкологии. Особенности действия радиации на живые объекты.

2. Волновой диапазон радиации. Ионизация. Фотоэлектрический эффект. Эффект комптоновского рассеивания. Линейная потеря энергии, ее зависимость от массы, заряда, энергии частиц. Дозы излучения и радиоактивности. Экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы. Мощность дозы. Радиоактивность и ее измерение.

3. Определение ОБЭ. Зависимость ОБЭ от линейной потери энергии излучением. Особенности ОБЭ для  $R$ ,  $g$ ,  $b$ ,  $a$  излучений, Оценка ОБЭ на уровне клеток, систем и целого организма. Роль



репарации в формировании ОБЭ. Влияние кислорода, фракционирования облучения и других факторов на ОБЭ. Парадоксы ОБЭ.

4.Кривые доза-эффект, их математическое описание. Одноударная и многоударная модели поражения живых систем. Определение характеристической дозы  $D_0$  и экстраполяционного числа  $n$ .

5.Роль свободных радикалов в поражении клеток. Радиохимия образования гидроксильных, перекисных соединений и активных радикалов. Радиотоксины. Кислородный эффект. Соотношение прямого и косвенного действия радиации Модификация радиобиологического эффекта. Аддитивность, синергизм и потенцирование в действии поражающих и защитных факторов. Сенсибилизаторы и протекторы. Фактор изменения дозы /ФИД/ как величина, характеризующая модифицирующий эффект.

#### Темы выступлений с презентациями:

### Раздел 2. Действие радиации на живые организмы.

1.Особенности реакции пролиферирующих и неделящихся клеток. Правило Бергонье и Трибондо. Клеточный цикл и особенности радиочувствительности его фаз. Экспериментальные методы оценки радиочувствительности клеток. Метод Мах-Куллоха и Тилла клонирования селезенки летально облученных мышей. “Плечо” в кривых доза- эффект и его биологический смысл. Природа поражения клеток. Интерфазная и митотическая гибель. Задержка митозов. Роль ядра и ДНК в поражении клеток. Гибель клеток и хромосомные аберрации.

2.Критические системы организма и их радиочувствительность. Ступенчатый характер кривых доза-эффект для организма в целом - следствие последовательного поражения его систем. Радиочувствительные и радиорезистентные системы организма. Кроветворная система и ее реакция на облучение. Фазы пострadiaционной кривой гемопоэза.

3.Понятия кроветворной, кишечной и церебральной форм поражения организма. Сроки и особенности оценки критических доз для данных форм поражения. Индивидуальные различия в радиочувствительности по полу и возрасту. Четыре ступени течения лучевой болезни. Характерные клинические признаки полученной дозы.

4.Фракционированное и пролонгированное облучение. Роль репарации при фракционировании. Модель Блера-Дэвидсона. Остаточное поражение и период полувосстановления. Стимулирующее действие малых доз радиации. Гормезис. Пути попадания нуклидов внутрь организма. Особенности действия инкорпорированных нуклидов. Миграция нуклидов в организме. Скелетные, ретикулоэндотелиальные и диффузные радиоактивные изотопы. Дозиметрия при внутреннем облучении.

5.Изменения в иммунной системе при облучении. Иммунодепрессия и аутоиммунные сдвиги. Канцерогенез и сенсибилизация организма: два варианта развития последствий облучения. Сокращение продолжительности жизни как отдаленные последствия радиации. Риск заболеть лейкозом и его зависимость от дозы. Трудности изучения и оценки отдаленных последствий. Механизм возникновения и развития отдаленных последствий: радиационное старение организма. Роль эндокринной и иммунной систем в отдаленных последствиях. Онкогенез и его особенности в пострadiaционный период. Действие радиации на эмбрион и плод.

#### Темы выступлений с презентациями:

### Раздел 3. Экологические аспекты действия радиации.

1.Естественный радиационный фон и его составляющие. Территориальные девиации радиационного фона. Роль радона в формировании естественной радиации. Искусственные источники радиоактивности. Доля техногенного фона в облучении населения. Радиационная медицина и радиационная профилактика. Роль ядерных испытаний в атмосфере. Ядерная энергетика и ее вклад в радиационный фон. Последствия аварий на атомных станциях.

2.Международная система организации контроля радиационной обстановки. Роль МЕРЗ и МАГАТЭ в организации контроля загрязнения среды. Концепция МКРЗ нормирования излучений. Детерминированные и стохастические эффекты радиации. Концепция “польза-вред” и национальные

нормы радиационной безопасности. Предельно допустимые дозы. Три категории нормирования излучений.

3.Радиоактивные аэрозоли. Влияние атмосферных, природных, географических и других особенностей на выпадение радиоактивных осадков. Коэффициент задержания и его составляющие для различных фитоценозов. Показатель адсорбции радионуклидов растениями и его зависимость от природных факторов. Санитарно-гигиеническая функция леса. Миграция нуклидов в почве.

4.Пищевые цепи млекопитающих. Биодоступность как характеристика миграционной способности нуклидов. Листовая и корневая адсорбция растений. Градация радиоактивных нуклидов по растворимости. Роль радиоактивного йода как индикатора движения нуклидов по пищевым цепям. Трофическая цепь арктической зоны - пример радиоактивной пищевой цепи.

5.Специфика дозиметрии в естественных условиях. Выделение плотно и редкоионизирующих составляющих. “Молодые” и “старые” смеси нуклидов. Выделение критических составляющих биоценозов. Выделение и учет зоны обитания видов. Формульная оценка дозовых характеристик облучения по показателям источника. Доза радиоактивных выпадений из облака. Оценка внутреннего облучения.

6.Неравномерность облучения в экосистемах. Эффект увеличения критических доз в сравнении с лабораторными условиями. Угнетение жизнедеятельности при отсутствии гибели как фактор радиационного воздействия в естественных условиях. Снижение устойчивости к неблагоприятным погодным факторам. Перестройки в биоценозах за счет выпадения видов при больших дозах. Трехъярусный фитоценоз в условиях облучения. Последовательность выпадения видов в биоценозе при экстремальном увеличении дозы.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.
удовлетворительно	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки

Оценка	Критерии оценивания
	при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы . Студент пропустил большую часть практических занятий.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.

## 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 и. 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 отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						полном объеме	
<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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Вопросы для контрольной работы 1

#### ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ

1. В каких единицах измеряется доза облучения?
2. Что такое радиоактивность, ее единицы измерения.
3. Чем различаются экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы.
4. Произведите перерасчет дозы из одних единиц в другие (задание индивидуально для каждого).
5. Формула кривых доза-эффект.
6. В чем отличие одноударной модели от многоударной?

7. Рассчитайте процент выживших клеток с указанной среднелетальной дозой и экстраполяционным числом (индивидуально для каждого студента).
8. Фактор изменения дозы и его вычисление.
9. В чем отличие прямого и косвенного действия радиации?
10. Оцените роль перекисных соединений и кислорода в развитии поражающего действия радиации.
11. Какие вещества являются протекторами а какие сенсibilизаторами в действии радиации?

Вопросы для контрольной работы 2

#### ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА УРОВНЕ ОРГАНИЗМА

1. Какие формы радиационного поражения клеток могут быть?
2. Чем обусловлено "плечо" в кривых доза-эффект при радиационном поражении клеток?
3. О чем говорит правило Бергонье и Трибондо?
4. Перечислите критические системы организма и укажите их радиочувствительность.
5. Как называются характерные фазы пострадиационной кривой восстановления гемопоэза?
6. В чем заключаются четыре фазы лучевой болезни?
7. Роль репарации пораженных систем организма и модель Блэра-Дэвидсона.
8. Что такое остаточное поражение?
9. В чем особенности внутреннего поражения?
10. Отдаленные последствия действия радиации.
11. Рассчитайте радиационный риск лейкоза в зависимости от уровня радиационного фона (задание индивидуально).
12. Сокращение продолжительности жизни как результат облучения.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки

Оценка	Критерии оценивания
	при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.

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

Основная литература:

1. Белозерский Г. Н. Радиационная экология : учебник / Г. Н. Белозерский. - 2-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 418 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-10644-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=848909&idb=0>.
2. Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений / Смирнов С.Н., Герасимов Д.Н. - Москва : МЭИ, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659563&idb=0>.
3. 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.

Дополнительная литература:

1. Руднев Александр Васильевич. Радиационная экология / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Изд-во МГУ, 1990. - 87, [1] с. : ил. - (Химия). - ISBN 5-211-01787-0 : 0.50., 1 экз.
2. 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.
3. Старков Виктор Дмитриевич. Радиационная экология : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по экол. и геогр. специальностям. - Изд. 2-е, доп. - Тюмень : Тюмен. дом. печати, 2007. - 400 с., 77 табл., 89 ил., 10 прил. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - ISBN 978-5-87591-116-3 : 120.00., 1 экз.
4. Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных / Бударков В.А., Зенкин А.С., Боченков В.Ф. - Москва : КолосС, 2013., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=638528&idb=0.

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

1. [www.chornobyl.net/ru/](http://www.chornobyl.net/ru/) (Чернобыльский Центр по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиоэкологии)
  2. <http://www.choicejournal.ru/show.php?id=1272> (Журнал "Радиационная биология. Радиоэкология")
  3. [www.nrer.ru/radrisk.html](http://www.nrer.ru/radrisk.html) (Бюллетень "Радиация и риск")
  3. [www.nrer.ru/radrisk.html](http://www.nrer.ru/radrisk.html) (Бюллетень "Радиация и риск")
- <http://www.mnr.gov.ru/>  
<http://www.ecocommunity.ru/>  
<http://www.priroda.ru/>  
<http://ecoportal.su>  
<http://www.aseko.org/>  
<http://ecoportal.ru/>  
<http://www.erh.ru/>  
<http://www.ecoline.ru/>  
<http://elibrary.asu.ru>  
<http://elibrary.ru>  
<http://www.scopus.com>  
<https://link.springer.com/>  
<http://cyberleninka.ru/>  
<http://ecograde.bio.msu.ru/>  
<http://www.consultant.ru/>

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: гамма-бета дозиметры-радиометры "Белла", "Эксперт", "Терра", ДП 5В

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 05.04.06 - Экология и природопользование.

Автор(ы): Басуров Владимир Адольфович, кандидат биологических наук, доцент.

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