

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства (Биологический институт)

УТВЕРЖДЕНО:

Директор  
Д. С. Воробьев

Рабочая программа дисциплины

**Влияние ионизирующих излучений на биосистемы**

по направлению подготовки

**06.04.01 Биология**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Фундаментальная и прикладная биология**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП  
А.В. Симакова

Председатель УМК  
А.Л. Борисенко

Томск – 2025

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-4 Способен участвовать в проведении экологической экспертизы территорий и акваторий, а также технологических производств с использованием биологических методов оценки экологической и биологической безопасности.

ОПК-8 Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности.

ПК-2 Способен проводить основные этапы полевых и лабораторных исследований в соответствии с профилем (направленностью) магистерской программы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-4.1 Понимает теоретические и методологические основы биологических методов оценки экологической и биологической безопасности

ИОПК-8.1 Демонстрирует понимание методических принципов полевых и лабораторных биологических исследований и типов используемой современной исследовательской аппаратуры

ИПК-2.2 Осуществляет подбор и модификацию методик исследования в соответствии с поставленными задачами и на основе знаний принципов полевых и лабораторных исследований

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить теоретические основы реакций живых систем разного уровня организации на воздействие ионизирующих излучений, рассмотреть современные представления радиационной безопасности для живых организмов.

– Изучить современные варианты прикладного применения ионизирующих излучений в практических сферах деятельности человека и условия обеспечения безопасности.

– Сформировать объективный взгляд на современную радиобиологию.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования по следующим дисциплинам: «Физика», «Химия», «Цитология и гистология», «Физиология человека и животных», «Биохимия», «Радиобиология», «Радиоэкология», «Биофизика». Дисциплина «Влияние ионизирующих излучений на биосистемы» является логическим продолжением в цепи дисциплин по принципу «от простого к более сложному», и сама является основой для углубленного изучения специальных дисциплин.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 8 ч.

-семинар: 18 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ Предмет, задачи, история развития, этапы и периоды становления наук о влиянии ИИ на биосистемы. Связь с другими науками и современные проблемы радиационной биофизики.

Тема 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОБИОЛОГИИ Основные сведения о строении вещества. Строение атомов. Массовое число, атомный номер. Явление изотопии. Естественная и искусственная радиоактивность. Основные виды ионизирующих излучений (ИИ), их свойства. Радиоактивный распад ядер, виды распада. Закон радиоактивного распада. Единицы активности радионуклидов. Использование радиоактивных изотопов в науке, медицине и производстве. Основы дозиметрии ИИ. Понятие о дозе. Единицы измерения дозы. Поглощенная и эквивалентная дозы. Методы дозиметрии ИИ: ионизационная камера, сцинтилляционный метод, химические методы дозиметрии.

Тема 3. ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВЕЩЕСТВОМ Общий принцип Гроттгуса. Дискретный характер поглощения энергии ИИ. Взаимодействие ИИ с веществом. Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Образование пар ионов. Линейная плотность ионизации (ЛПИ) и линейная передача энергии (ЛПЭ). Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Особенности взаимодействия фотонного излучения с веществом: фотоэффект, эффект Комптона, образование электрон-позитронных пар. Поглощение нейтронного излучения: косвенная ионизация, наведенная радиоактивность. Особенности поглощения энергии ИИ биологическим веществом. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) ИИ. Связь относительной биологической эффективности с линейной передачей энергии. Зависимость ОБЭ от условий и объекта облучения.

Тема 4. ПРЯМОЕ ДЕЙСТВИЕ ИИ Миграция энергии и заряда. Кривые "доза-эффект". Принципы попадания и мишени. Количественные закономерности действия ИИ. Действие редко и плотноионизирующих излучений. Инактивирующая доза, одно- и многоударные процессы. Прямое действие ИИ на ферменты и нуклеиновые кислоты. Последовательность стадий прямого действия ИИ. Первичные физические процессы. Физико-химическая стадия действия ИИ. Химическая стадия действия ИИ. Миграция энергии излучения в биологических структурах. Модификация прямого повреждения макромолекул: кислородный эффект, влияние температуры, роль молекул-примесей.

Тема 5. КОСВЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ИИ Радиационно-химические превращения молекул воды. Влияние продуктов радиолиза воды на инактивацию молекул в растворах. Количественные характеристики косвенного действия ИИ. Эффект Дейла (разбавления). Радиочувствительность биомacroмолекул. Модификация радиолиза макромолекул. Свободнорадикальные процессы в биосубстратах. Цепные свободнорадикальные реакции при действии ИИ. Образование перекисей и других продуктов окисления в облучаемых липидах. Роль свободных радикалов липидов в непрямом эффекте инактивации биомacroмолекул.

Тема 6. ДЕЙСТВИЕ ИИ НА КЛЕТКУ Реакция клеток на облучение. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке. Прямое и не прямое действие ИИ на клетки. Свободные радикалы в облученной клетке и методы их определения. Действие ИИ на макромолекулы и клеточные органеллы. Задержка деления клеток. Радиочувствительность на разных стадиях клеточного цикла. Количественные характеристики клеточной гибели. Зависимость радиочувствительности клеток от мощности и фракционирования дозы, линейной передачи энергии ИИ, числа и размеров

хромосом. Повреждение и репарация ДНК в облученной клетке. Формы клеточной гибели. Критерии гибели клеток. Репродуктивная гибель. Повреждение уникальных структур - специфика действия ИИ. Генетическое действие ИИ: генные мутации, хромосомные aberrации; их количественные закономерности, связь с репродуктивной гибелью. Интерфазная гибель облученных клеток. Критерии интерфазной гибели; временные и дозовые характеристики. Механизмы апоптоза. Интерфазная гибель как вариант апоптоза.

Тема 7. РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БИОСИСТЕМ Радиочувствительность биомолекул: белки, нуклеиновые кислоты, фосфолипиды. Радиочувствительность клеток, тканей и органов. Группы критических органов. Самообновляющиеся системы. Костно-мозговой синдром, желудочно-кишечный и ЦНС-синдром - как функция дозы облучения. Видовая и индивидуальная радиочувствительность.

Тема 8. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТ ЛУЧЕВОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ Процессы восстановления в облученных клетках. Темновая репарация и фотореактивация. Зависимость восстановления от времени и характера облучения, количества поглощенной энергии и скорости ее накопления. Зависимость темпов восстановления в различных системах организма от присущей им скорости физиологических процессов регенерации.

Тема 9. МОДИФИКАЦИЯ ДЕЙСТВИЯ ИИ. Принцип действия радиопротекторов. Понятие о факторе изменения дозы. Основные классы радиопротекторов: серосодержащие и производные индолилалкиламинов. Возможные механизмы действия радиопротекторов: молекулярный, клеточный и организменный уровни. Особенности защиты от нейтронного и внутреннего облучения.

Тема 10. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МАЛЫХ ДОЗ ИИ Критерии определения малых доз облучения. Биологические эффекты облучения в малых дозах. Радиационный гормезис. Радиационно-индуцированный адаптивный ответ. Общая неспецифическая реакция организмов на облучение в малых дозах. Количественная оценка биологического действия ИИ в малых дозах. Механизмы действия ИИ в малых дозах на клетки. Роль биомембран в механизме действия малых доз ИИ.

Тема 11. СНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ Нормы радиационной безопасности. Нормирование содержания радионуклидов во внешней среде. Основы радиационной безопасности. Правила работы с источниками ИИ. Дозиметрическая и радиометрическая аппаратура.

Тема 12. ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ Естественный радиационный фон и источники радиоактивного загрязнения внешней среды. Миграция радионуклидов в биосфере. Облучение организмов при попадании радионуклидов внутрь. Модификация внутреннего облучения. Экологические проблемы атомной энергетики.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета 1 час. Критерии оценки:

«Не зачтено» - студент не имеет представления об индуцированных ИИ процессах в живых организмах разного уровня организации, допускает грубые ошибки в ответе и при использовании специальной терминологии; в течение учебного года занимался

посредственно, на семинарских занятиях был пассивен, задания выполнял в основном с оценкой «2» или «3» балла.

«Зачтено» - студент владеет отличными знаниями об индуцированных ИИ процессах в живых организмах разного уровня организации, методах оценки радиационных повреждений и дозиметрии, владеет специальной терминологией, при ответе на вопросы билета и дополнительные вопросы не допускает ошибок, способен к анализу предложенных ситуаций; в течение учебного года студент полностью и успешно выполнил учебный план, активно работал на семинарских занятиях, при выполнении заданий получал в основном оценки «5 баллов».

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=18860>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских занятий по дисциплине дан в Электронном курсе <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=18860>.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов даны в Электронном курсе <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=18860>.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Ободовский И.М. Основы радиационной и химической безопасности / И. М. Ободовский. Долгопрудный : ИД Интеллект 2013. - 300 с.

2. Давыдов М.Г. Радиоэкология. Учебник для вузов/М.Г.Давыдов, Бураева Е.А., Зорина Л.В. - Ростов на Дону : «Феникс», 2013. – 635 с.

3. Трошин Е.И. Тесты по радиобиологии [Электронный ресурс] : учеб. пособие /Е. И. Трошин, Ю. Г. Васильев, И. С. Иванов. - СПб : Лань , 2014. – Электрон. версия печат. публ. – Доступ из электрон.-библ. системы „Издательство „Лань“. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=49474](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49474)

б) дополнительная литература:

1. Ярмоненко С. П. Радиобиология человека и животных : учеб. пособие / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон ; [под ред. С. П. Ярмоненко]. М. : Высшая школа , 2004. – 548 с.

2. Кудряшов Ю. Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) : учебник / Ю.Б.Кудряшов — М. : Физматлит, 2004. — 446 с.

3. Коггл Дж. Биологические эффекты радиации /Дж. Коггл; Пер. с англ. И. И. Пелевиной, Г. И. Миловидовой; Под ред. А. Н. Деденкова. М. : Энергоатомиздат , 1986. - 184 с.

4. Эйбус Л.Х. Физико-химические основы радиобиологических процессов и защиты от излучений : Учебное пособие для биологических специальностей вузов /Л. Х. Эйбус. М. : Атомиздат , 1979. - 215 с.

5. Радиация и патология : учеб. пособие / А. Ф. Цыб, Р. С. Будагов, И. А. Замулаева и др. ; под общ. ред. А. Ф. Цыба]. М. : Высшая школа , 2005. - 340 с.

6. Лысенко Н.П. Радиобиология [Электронный ресурс] : учебник / Н. П. Лысенко, В. В. Пак, Л. В. Рогожина, З. Г. Кусурова ; под ред. Н. П. Лысенко, В. В. Пака. Санкт-

Петербург [и др.]: Лань, 2012. – Электрон. версия печат. публ. – Доступ из электрон.-библ. системы „Издательство „Лань“. – URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4229](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4229)

7. Джойнер М.С. Основы клинической радиобиологии [Электронный ресурс] : пер. с англ. / Джойнер М.С., Ван дер Когель О.Дж.. – М. : "БИНОМ. Лаборатория знаний", 2013. – 600 с. – Электрон. версия печат. публ. – Доступ из электрон.-библ. системы „Издательство „Лань“. – URL: <https://e.lanbook.com/book/8800>.

в) ресурсы сети Интернет:

– <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7973> Радиационная биология. Радиоэкология: журнал: Рос. АН. - Москва : Наука, 1993

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>

– <http://e.lanbook.com/> Издательство «Лань»: электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010

– <http://diss.rsl.ru/> Электронная Библиотека Диссертаций / Российская государственная библиотека. – Электрон. дан. – М., 2003

– [https://openedu.ru/course/mephi/mephi\\_res/](https://openedu.ru/course/mephi/mephi_res/) Курс Радиационная биология, платформа Открытое образование

[https://wfi.lomasm.ru/files/grob/44069\\_radiobiologiya\\_kurs\\_lektsiy2001\\_galitskiy.pdf](https://wfi.lomasm.ru/files/grob/44069_radiobiologiya_kurs_lektsiy2001_galitskiy.pdf)  
Радиобиология: курс лекций. Э.А. Галицкий. – Гродно – ГрГУ. 2001. – 204с.

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юпайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### **15. Информация о разработчиках**

Жаркова Любовь Петровна, к.б.н., доцент, кафедра физиологии человека и животных НИ ТГУ.