

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

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института

Д.С. Воробьев



20 22 г.

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

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.05.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д.С. Воробьев

Председатель УМК

А.И. Борисенко

Томск – 2022

. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины «Влияние ионизирующих излучений на биосистемы» (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-4 – Способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов.

– 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 (модуля) в структуре образовательной программы

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

Семестр 3, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения 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 (модуля)

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

– лекции: 8 ч.;

– семинарские занятия: 18 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

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.

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.

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.

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.

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 биомолекул. 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 биомолекул.

6. ДЕЙСТВИЕ ИИ НА КЛЕТКУ Реакция клеток на облучение. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке. Прямое и непрямое 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, линей-

ной 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.

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.

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 присутствующей им скорости физиологических процессов регенерации.

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.

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.

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.

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 творческих домашних заданий (презентаций), и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Кроме того, оценивается устная работа на семинарах.

Планы семинарских занятий и формат их проведения:

Семинар 1. Основные виды ионизирующих излучений (ИИ), их свойства. Радиоактивный распад ядер, виды распада. Закон радиоактивного распада. Понятие о дозе. Единицы измерения дозы. Поглощенная и эквивалентная дозы.

Семинар 2. Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Образование пар ионов. Линейная плотность ионизации (ЛПИ) и линейная передача энергии (ЛПЭ). 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. Миграция энергии и заря-

да. Кривые "доза-эффект". Принципы попадания и мишени. Количественные закономерности действия ИИ.

Семинар 3. Модификация прямого повреждения макромолекул: кислородный эффект, влияние температуры, роль молекул-примесей. Радиационно-химические превращения молекул воды. Влияние продуктов радиолитического распада воды на инактивацию молекул в растворах. Количественные характеристики косвенного действия ИИ. 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 биомолекул.

Семинар 4. 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. Количественные характеристики клеточной гибели. Зависимость радиочувствительности клеток от мощности и фракционирования дозы, линейной передачи энергии ИИ, числа и размеров хромосом. 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. Радиочувствительность биомолекул: белки, нуклеиновые кислоты, фосфолипиды. Радиочувствительность клеток, тканей и органов. Группы критических органов.

Семинар 5. Процессы восстановления в облученных клетках. Темновая репарация и фотореактивация. Принцип действия радиопротекторов. Понятие о факторе изменения дозы. Основные классы радиопротекторов: серосодержащие и производные индолилалкиламинов.

Семинар 6. 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. Механизмы действия ИИ в малых дозах на клетки. Роль биомембран в механизме действия малых доз ИИ. Нормы радиационной безопасности. Нормирование содержания радионуклидов во внешней среде. Естественный радиационный фон и источники радиоактивного загрязнения внешней среды. Миграция радионуклидов в биосфере.

Семинар 7. Доклад-презентация. Современные прикладные вопросы влияния ионизирующих излучений на биосистемы

Семинары 1–6 не требуют специальной подготовки к ним студентов. Они основаны на формировании знаний у студентов путём освещения теоретических аспектов по вопросам данной темы преподавателем с последующим их критическим обсуждением, а также решением практических задач, касающихся анализа вариантов влияния ионизирующих излучений на биосистемы.

Семинар 7 проходит в форме презентации проектов студентов и их обсуждения, требует самостоятельной подготовки студентов по теме современные прикладные вопросы влияния ионизирующих излучений на биосистемы. При подготовке к семинару обучающийся самостоятельно проводит критический поиск и анализ научной информации по проблемной тематике, используя ресурсы НБ ТГУ и открытые научные ресурсы сети Интернет.

Примерная тематика рефератов к семинару № 7:

1. Свободнорадикальные процессы в биосубстратах. Цепные свободнорадикальные реакции при действии ИИ. Прикладной аспект изучения свободнорадикальных процессов

2. Формирование молекулярно-генетических, молекулярных и клеточных повреждений при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.

3. Современные понятия о безопасных воздействиях ИИ в медицине, на производстве и в быту.
4. Радиационно-индуцированный адаптивный ответ. Общая неспецифическая реакция организмов на облучение в малых дозах. Прикладной аспект.
5. Современные научные подходы и взгляды на радиочувствительность клеток, тканей и органов. Группы критических органов.
6. Виды повреждений и гибели облученных клеток, современные представления о снижении дозовой нагрузки.

Оценка устного ответа (на семинарских занятиях)

«Нулевой» уровень (условная 1) – студент не выполнил учебный план изучения дисциплины: не участвовал в работе семинарских занятий, не получил достаточного количества баллов за семинарское задание в moodle (фактически не допущен к сдаче устного испытания).

«Не зачтено» (условная 2) – студент выполнил учебный план за семестр, участвовал в работе семинаров по отдельным темам, набрал минимальное количество баллов за семинарское задание в moodle, но при ответе на билет устного зачета продемонстрировал отсутствие знаний по ряду вопросов или недостаточные знания по вопросам билета.

«Зачтено» (условная 4-5) – студент полностью и успешно выполнил учебный план, активно работал на семинарских занятиях, показал хорошие знания за семинарское задание в moodle.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит три теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов для зачета:

1. Предмет, задачи, история развития, этапы и периоды становления наук о влиянии ИИ на биосистемы. Связь с другими науками и современные проблемы радиационной биологии.
2. Основные сведения о строении вещества. Строение атомов. Массовое число, атомный номер.
3. Естественная и искусственная радиоактивность. Основные виды ионизирующих излучений (ИИ), их свойства. Радиоактивный распад ядер, виды распада. Явление изотопии.
4. Взаимодействие ИИ с веществом. Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Образование пар ионов. Плотность ионизации.
5. Редко- и плотноионизирующие излучения. Взаимодействие их с веществом.
6. Закон радиоактивного распада. Единицы активности радионуклидов. Использование радиоактивных изотопов в науке, медицине и производстве.
7. Основы дозиметрии ИИ. Понятие о дозе. Единицы измерения дозы. Поглощенная и эквивалентная доза. Методы дозиметрии ИИ.
8. Общий принцип Гроттгуса. Дискретный характер поглощения энергии ИИ.
9. Особенности взаимодействия фотонного излучения с веществом: фотоэффект, эффект Комптона, образование электрон-позитронных пар.
10. Взаимодействие заряженных частиц и нейтронного излучения с веществом.
11. Относительная биологическая эффективность ИИ. Связь ОБЭ с линейной передачей энергии. Зависимость ОБЭ от условий и объекта облучения.
12. Миграция энергии и заряда. Кривые "доза-эффект". Принципы попадания и мишени. Количественные закономерности действия ИИ.
13. Действие редко и плотноионизирующих излучений. Инактивирующая доза, одно- и многоударные процессы. Прямое действие ИИ на ферменты и нуклеиновые кислоты.

14. Действие редко и плотноионизирующих излучений. Инактивирующая доза, одно- и многоударные процессы. Прямое действие ИИ на ферменты и нуклеиновые кислоты.

15. Радиационно-химические превращения молекул воды. Влияние продуктов радиолиза воды на инактивацию молекул в растворах.

16. Количественные характеристики косвенного действия ИИ. Эффект Дейла (разбавления).

17. Свободнорадикальные процессы в биосубстратах. Цепные свободнорадикальные реакции при действии ИИ.

18. Образование перекисей и других продуктов окисления в облучаемых липидах. Роль свободных радикалов липидов в непрямом эффекте инактивации биомакромолекул.

19. Реакция клеток на облучение. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке. Биологическая стадия лучевого поражения клетки.

20. Количественные характеристики клеточной гибели. Зависимость радиочувствительности клеток от мощности и фракционирования дозы, линейной передачи энергии ИИ, числа и размеров хромосом.

21. Репродуктивная гибель клеток. Повреждение уникальных структур - специфика действия ИИ. Генетическое действие ИИ: генные мутации, хромосомные aberrации; их количественные закономерности, связь с репродуктивной гибелью.

22. Интерфазная гибель облученных клеток. Критерии интерфазной гибели; временные и дозовые характеристики. Механизмы апоптоза. Интерфазная гибель как вариант апоптоза.

23. Радиочувствительность биомолекул: белки, нуклеиновые кислоты, фосфолипиды. Радиочувствительность клеток, тканей и органов. Группы критических органов.

24. Самообновляющиеся системы. Костно-мозговой синдром, желудочно-кишечный и ЦНС-синдром - как функция дозы облучения. Понятие о ЛД_{50/30}. Видовая радиочувствительность.

25. Процессы восстановления в облученных клетках. Темновая репарация и фото-реактивация.

26. 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.

27. Основные классы радиопротекторов: серосодержащие и производные индолилалкиламинов. Возможные механизмы действия радиопротекторов: молекулярный, клеточный и организменный уровни. Особенности защиты от нейтронного и внутреннего облучения.

28. Критерии определения малых доз облучения. Биологические эффекты облучения в малых дозах. Радиационный гормезис.

29. Радиационно-индуцированный адаптивный ответ. Общая неспецифическая реакция организмов на облучение в малых дозах.

30. Количественная оценка биологического действия ИИ в малых дозах. Механизмы действия ИИ в малых дозах на клетки. Роль биомембран в механизме действия малых доз ИИ.

31. Основы радиационной безопасности. Нормы радиационной безопасности. Нормирование содержания радионуклидов во внешней среде.

32. Естественный радиационный фон и источники радиоактивного загрязнения внешней среды. Миграция радионуклидов в биосфере.

33. Облучение организмов при попадании радионуклидов внутрь. Модификация внутреннего облучения. Экологические проблемы атомной энергетики.

Результаты зачета определяются как «зачтено» / «не зачтено».

Итоговый зачет по дисциплине «Влияние ионизирующих излучений на биосистемы» состоит из контроля самостоятельной работы, работы на семинарских занятиях (текущий контроль) и итогового результата при ответе на вопросы билета.

Оценка устного ответа (итоговый зачет):

«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».

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=18860>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских занятий по дисциплине, представленный в соответствующем курсе «Moodle».
- г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов представленные в соответствующем курсе «Moodle».

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
- 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. Эйдус Л.Х. Физико-химические основы радиобиологических процессов и защиты от излучений : Учебное пособие для биологических специальностей вузов /Л. Х. Эйдус. 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?p11_cid=25&p11_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/ Курс Радиационная биология, платформа Открытое образование

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 OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, 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 Юрайт – <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.