

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**и.о. директора физтех-школы
физики и исследований им.
Ландау**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Физические основы радиоэкологии
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем безопасного развития современных энергетических технологий
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.А. Саркисов, д-р техн. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем безопасного развития современных энергетических технологий 04.06.2020

Аннотация

Излагаются основные радиобиологические эффекты воздействия радиации, концепции санитарно-гигиенического и экологического нормирования, вопросы радиационной безопасности. Рассматриваются процессы миграции радионуклидов в биосфере и модели их переноса в отдельных элементах экосистем. Всесторонне изучаются источники радиации в окружающей среде, - как естественные, так и антропогенные.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Приобретение знаний и освоение математических методов переноса радионуклидов в атмосфере, гидросфере и литосфере, роли биологических путей в переносе загрязнителей.

Задачи дисциплины

- освоение методов оценки концентраций загрязнителей и создаваемых дозовых нагрузок на население;
- исследования источников радиационного воздействия в окружающей среде;
- анализ радионуклидного загрязнения окружающей среды в ядерном топливном цикле и дозовых нагрузок персонала и населения;
- осознание необходимости учитывать эффекты воздействия на окружающую среду радиационных технологий.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физические закономерности процессов переноса радионуклидов в атмосфере, гидросфере и литосфере и математические модели, описывающие эти процессы;
- методы оценки концентраций загрязнителей и их воздействия на человека;
- источники радиации в биосфере и радиоактивное загрязнение окружающей среды при использовании искусственных источников радиации;
- методики оценки дозовых нагрузок на население при использовании радиации в медицине и при получении энергии на АЭС;
- проблемы накопления, хранения и захоронения радиоактивных отходов.

уметь:

- использовать существующие методы расчетов миграции радионуклидов в окружающей среде и оценки дозовых нагрузок на население при выбросах и сбросах радионуклидов;
- оценивать ущерб и пользу применения радиационных технологий;
- определять целесообразность применения радиации в различных сферах деятельности;
- убедительно доказать экономическую и экологическую безопасность развития атомной энергетики.

владеть:

- способностью использовать полученные знания при оценке радиационной обстановки в окружающей среде для любого источника радиации;
- методами анализа уровня проектной документации с точки зрения оценки радиационного воздействия на объекты биосферы;
- умением разрабатывать оптимальные варианты использования радиационных технологий с точки зрения экологического состояния окружающей среды;
- способами оценки ущерба и пользы применения радиационных технологий.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Выпадение примесей на поверхность почвы.		1		1
2	Миграция радионуклидов в биосфере.		2		2
3	Миграция радионуклидов в наземной среде.		2		2
4	Перенос примесей в гидросфере.		2		2
5	Проблемы хранения и захоронения радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива.		2		2
6	Радиационный фон от искусственных источников радиации.		1		1
7	Радиоактивное загрязнение при нормальной эксплуатации АЭС.		2		2
8	Радиоактивное загрязнение среды при транспортировке радиоактивных материалов.		1		1
9	Радиоактивное состояние окружающей природной среды.		2		2
10	Радиоактивность на заключительной стадии ЯТЦ.		2		2

11	Радиоактивность на начальной стадии ЯТЦ.		2		2
12	Радиоэкология - раздел экологии.		1		1
13	Способы обращения с ОЯТ.		1		1
14	Технологически повышенное естественное фоновое облучение.		2		2
15	Формирование поглощенных доз в воздухе в результате радиоактивных выбросов.		2		2
16	Формирование поглощенных доз при сбросе радионуклидов в водоем.		2		2
17	Характеристики воздействия радиации на биоту и человека.		2		2
18	Ядерный топливный цикл и радиоактивное загрязнение окружающей среды.		1		1
Итого часов			30		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Выпадение примесей на поверхность почвы.

Сухое и мокрое осаждение, дефляция.

Модели расчета плотности осаждения радионуклидов на почву.

2. Миграция радионуклидов в биосфере.

Рассеяние примесей в атмосфере.

Физические процессы в атмосфере, определяющие миграцию примесей

Классификация категорий устойчивости атмосферы и условий выброса.

Модели миграции радионуклидов в атмосфере. Гауссова модель.

Функция истощения за счет мокрого и сухого осаждения и радиоактивного распада.

Вторичный ветровой подъем. Учет дочерних продуктов распада.

3. Миграция радионуклидов в наземной среде.

Закономерности распределений радионуклидов в почвенном слое.

Поступление радионуклидов в растения, животных и человека.

Камерные модели, описывающие накопление радионуклидов в биоте.

4. Перенос примесей в гидросфере.

Процессы и основные закономерности миграции радионуклидов в гидросфере.

Особенности миграции радионуклидов в морских и пресных водоемах.

Модели расчетов концентраций радионуклидов в элементах гидросферы.

5. Проблемы хранения и захоронения радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива.

Классификация РАО и методы обращения с ними.

Способы хранения и захоронения РАО.

Долговременные последствия возможного попадания РАО в окружающую среду.

6. Радиационный фон от искусственных источников радиации.

Дозовые нагрузки на население при использовании излучений в медицине.

Радиоактивное загрязнение среды в результате ядерных испытаний.

7. Радиоактивное загрязнение при нормальной эксплуатации АЭС.

Типы ядерных реакторов АЭС.

Источники радиоактивности на АЭС.

Миграция радионуклидов на АЭС.

Радиоактивные отходы АЭС.

Дозы персонала и населения при нормальной эксплуатации АЭС.

8. Радиоактивное загрязнение среды при транспортировке радиоактивных материалов.

Радиоактивное загрязнение биосферы на начальной стадии ЯТЦ.

Радиоактивность при транспортировке ОЯТ.

9. Радиоактивное состояние окружающей природной среды.

Естественное фоновое облучение. Источники естественного фонового облучения: радиоактивные семейства, дионуклиды вне пределов семейств, космогенные радионуклиды; космическое излучение.

Естественная радиоактивность биосферы: радиоактивность горных пород, почвы, атмосферы, гидросферы, биоты, человека.

Природный радиационный фон.

10. Радиоактивность на заключительной стадии ЯТЦ.

Источники радиоактивного загрязнения на радиохимическом заводе.

Дозовые нагрузки от выбросов и сбросов РХЗ.

Глобальное загрязнение окружающей среды в ЯТЦ.

11. Радиоактивность на начальной стадии ЯТЦ.

Добыча и переработка урановой руды.

Очистка, конверсия и обогащение топлива.

Изготовление ТВС.

12. Радиозэкология - раздел экологии.

Задачи радиозэкологии и решаемые проблемы.

13. Способы обращения с ОЯТ.

Способы обращения, хранения и захоронения ОЯТ.

Оценка радионуклидного загрязнения окружающей среды при хранении и захоронении ОЯТ и РАО.

14. Технологически повышенное естественное фоновое облучение.

Полеты на самолетах.

Производство фосфатных руд.

Выбросы ТЭС на органическом топливе.
Излучение строительных материалов.
Дозы от товаров широкого потребления.

15. Формирование поглощенных доз в воздухе в результате радиоактивных выбросов.

Прямое внешнее облучение от облака.
Ингаляционное поступление.
Внешнее облучение от радионуклидов в почве.
Перенос радионуклидов по пищевым цепям.
Методы расчета поглощенных доз внешнего и внутреннего облучения.

16. Формирование поглощенных доз при сбросе радионуклидов в водоем.

Внешнее облучение.
Непосредственное потребление воды.
Перенос по пищевым цепям.
Использование воды для орошения.

17. Характеристики воздействия радиации на биоту и человека.

Основные принципы нормирования.
Санитарно-гигиеническое и экологическое нормирование.
Дозовые характеристики полей излучений.
Дозиметрические модели радиационного воздействия на человека при внешнем и внутреннем облучении.
Модели распределения населения при оценке радиационных последствий.

18. Ядерный топливный цикл и радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Основные этапы ядерного топливного цикла и источники радиоактивного загрязнения при нормальной эксплуатации его объектов.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Защита от ионизирующих излучений [Текст] : в 2 т., Т. 2 Защита от излучений ядерно-технических установок / Н. Г. Гусев, Е. Е. Ковалев, В. П. Машкович [и др.] ; под ред. Н. Г. Гусева ; 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990
2. В.К.Сахаров, Радиоэкология. Санкт-Петербург. Изд-во «Лань». 2005 г.
3. Н.Г. Гусев, В.А. Беляев. Радиоактивные выбросы в биосфере. - Москва: Энергоатомиздат, 1991

Дополнительная литература

1. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда [Текст]/Н. С. Бабаев [и др.] , -М., Энергоатомиздат, 1984
2. Защита от ионизирующих излучений [Текст] : в 2 т., . Т. 1 Физические основы защиты от излучений / Н. Г. Гусев, В. А. Климанов, В. П. Машкович, А. П. Суворов ; под ред. Н. Г. Гусева ; 3-е изд., перераб. и доп - М.: Энергоатомиздат, 1989

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

<http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

<http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха.

<http://elibrary.ru/> - научная электронная библиотека.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как OpenOffice Mathcad, Scilab и др.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий данный курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике для решения практических задач.

Поскольку в ходе занятий проводится обсуждение современных актуальных проблем физики и энергетики, не в полной мере отраженных в существующих учебниках и учебных пособиях, посещение занятий является необходимым условием для успешного усвоения материала.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к практическим занятиям, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. С целью углубленного изучения тех или иных разделов курса студентам могут быть предложены специальные темы для самостоятельной работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем безопасного развития современных энергетических технологий
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.А. Саркисов, д-р техн. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физические основы радиоэкологии» обучающийся должен:

знать:

- физические закономерности процессов переноса радионуклидов в атмосфере, гидросфере и литосфере и математические модели, описывающие эти процессы;
- методы оценки концентраций загрязнителей и их воздействия на человека;
- источники радиации в биосфере и радиоактивное загрязнение окружающей среды при использовании искусственных источников радиации;
- методики оценки дозовых нагрузок на население при использовании радиации в медицине и при получении энергии на АЭС;
- проблемы накопления, хранения и захоронения радиоактивных отходов.

уметь:

- использовать существующие методы расчетов миграции радионуклидов в окружающей среде и оценки дозовых нагрузок на население при выбросах и сбросах радионуклидов;
- оценивать ущерб и пользу применения радиационных технологий;
- определять целесообразность применения радиации в различных сферах деятельности;
- убедительно доказать экономическую и экологическую безопасность развития атомной энергетики.

владеть:

- способностью использовать полученные знания при оценке радиационной обстановки в окружающей среде для любого источника радиации;
- методами анализа уровня проектной документации с точки зрения оценки радиационного воздействия на объекты биосферы;
- умением разрабатывать оптимальные варианты использования радиационных технологий с точки зрения экологического состояния окружающей среды;
- способами оценки ущерба и пользы применения радиационных технологий.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Аттестация проводится в устной форме. Студенту предлагаются три вопроса.

Вопросы к экзамену в 9 семестре:

1. Физические процессы в атмосфере, определяющие миграцию примесей.
2. Отчуждение земель и радиоактивное загрязнение на начальной стадии ядерного топливного цикла.
3. Процессы, приводящие к рассеянию примеси в атмосфере.
4. Источники техногенно-измененного фона.
5. Модель Гаусса переноса примеси в атмосфере.
6. Дозовые нагрузки при рентгенодиагностике.
7. Функция истощения за счет мокрого и сухого осаждения и радиоактивного распада.
8. Радиоактивность теплоносителя и контуров реактора.
9. Выпадение примесей на поверхность почвы. Сухое и мокрое осаждение, дефляция. Модели расчета плотности осаждения радионуклидов на почву.
10. Проблемы удержания радионуклидов в пределах станции.
11. Учет высоты трубы и профиля местности при переносе радионуклидов в атмосфере.
12. Глобальное радиоактивное загрязнение в результате испытаний ядерного оружия..
13. Функция метеорологического разбавления и ее поведение в зависимости от погодных условий и расстояния от источника выброса.
14. Дозовые нагрузки при полетах на самолетах.
15. Процессы и основные закономерности миграции радионуклидов в гидросфере.
16. Источники естественного радиационного фона.
17. Модели миграции радионуклидов в гидросфере.
18. Расчет доз внешнего облучения от естественных радионуклидов в почве..
19. Распределение радионуклидов в почве.
20. Расчет доз внешнего облучения от естественных радионуклидов в атмосфере.
21. Поступление радионуклидов в растения, животных и человека.
22. Радиоактивное загрязнение среды при работе ТЭС.
23. Дозы внутреннего облучения от естественных радионуклидов.
24. Накопление радионуклидов в растениях.
25. Дозы космического излучения на поверхности земли.
26. Переход от поглощенной дозы в воздухе к эквивалентной дозе при внешнем облучении естественными радионуклидами.
27. Формирование источников естественного излучения в биосфере.
28. Основные этапы ядерного топливного цикла.
29. Формирование радиоактивности почвы.
30. Области использования радиоактивных излучений в медицине.
31. Дозы облучения на начальной стадии ядерного топливного цикла.
32. Влияние радона на формирование дозы облучения человека.
33. Основные источники естественной радиоактивности.
34. Учет вторичного пылеобразования при расчетах радиоактивного загрязнения атмосферы.

35. АЭС, как источник радиоактивного загрязнения окружающей среды.
36. Процессы, влияющие на распределение радионуклидов в гидросфере.
37. Дозовые нагрузки в процессе изготовления ядерного топлива.
38. Меры по предотвращению выноса радионуклидов за пределы АЭС.
39. Модели миграции радионуклидов в речных экосистемах.
40. Поведение радионуклидов при попадании радионуклидов в атмосферу при ядерных испытаниях.

Пример экзаменационного билета

1. Модель Гаусса переноса примеси в атмосфере.
2. Радиоактивное загрязнение среды при работе ТЭС.
3. Модели миграции радионуклидов в речных экосистемах.

Примеры индивидуальных заданий

Задание № 1

Рассчитать мощность дозы внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10$ и 100 км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе РБМК-1000.

При аварии в атмосферу поступило 10% изотопов криптона, находящихся в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса равна $h = 120$ м. Предшествующая выбросу кампания $T = 3$ года. Скорость ветра $u = 4$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу -Д. Высота шероховатости $z = 10$ см (сельская местность). В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака

Задание № 2

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10$ и 100 км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторк РБМК-1000.

При аварии в атмосферу поступило 10% изотопов йода, находящихся в активной зоне реактора. Эффективная высота $h = 120$ м. Предшествующая выбросу кампания $T = 3$ года. Скорость ветра $u = 4$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу- С. Высота шероховатости $z = 10$ см (сельская местность). Интенсивность осадков в момент аварии $= 3$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака и активности, выпавшей на поверхность почвы, и внутреннее облучение при ингаляционном поступлении.

Задание № 3

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10$ и 100 км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторк РБМК-1000.

При аварии в атмосферу поступило 10% изотопов ксенона, находящихся в активной зоне реактора. Эффективная высота $h = 120$ м. Предшествующая выбросу кампания $T = 3$ года. Скорость ветра $u = 3$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-Д. Высота шероховатости $z = 10$ см (сельская местность). Интенсивность осадков в момент аварии $= 3$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака.

Задание 4

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10$ и 100 км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе РБМК-1000.

При аварии в атмосферу поступило 10% изотопов ^{137}Cs , находящегося в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h = 60$ м. Предшествующая выбросу кампания $T = 3$ года. Скорость ветра $v = 3$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-Д. Высота шероховатости $z = 40$ см (сельская местность). Интенсивность осадков в момент аварии $= 2$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака и активности, выпавшей на поверхность почвы и внутреннее облучение при ингаляционном поступлении.

Задание № 5

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе РБМК-1000.

При аварии в атмосферу поступило 10% изотопов Kr-85 и 10% Rb-88, находящихся в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h=120$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Скорость ветра $v=4$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-D. Высота шероховатости $z=10$ см (сельская местность). Интенсивность осадков в момент аварии 3 мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от Rb-88 как выброшенного непосредственно, так и образовавшегося в результате распада Kr-85 в радиоактивном облаке и выпавшем на поверхность почвы.

Задание 6

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе ВВЭР-1000.

При аварии в атмосферу поступило 50% изотопов криптона, находящегося в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Скорость ветра $v=4$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-C. Высота шероховатости $z=100$ см (лесной массив). Интенсивность осадков в момент аварии $= 2$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака.

Задание 7

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе ВВЭР-1000.

При аварии в атмосферу поступило 40% активности йода, находящегося в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Скорость ветра $v=3$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-D. Высота шероховатости $z=50$ см (лесной массив). Интенсивность осадков в момент аварии $= 5$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака и активности, выпавшей на поверхность почвы и внутреннее облучение при ингаляционном поступлении.

Задание 8

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе ВВЭР-1000.

При аварии в атмосферу поступило 50% изотопов ксенона, находящегося в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Скорость ветра $u=2$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-C. Высота шероховатости $z=100$ см (лесной массив). Интенсивность осадков в момент аварии $= 2$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака.

Задание 9

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе ВВЭР-1000.

При аварии в атмосферу поступило 20% активности ^{137}Cs , находящегося в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Скорость ветра $u=4$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-D. Высота шероховатости $z=40$ см (сельская местность). Интенсивность осадков в момент аварии $= 4$ мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака и активности, выпавшей на поверхность почвы и внутреннее облучение при ингаляционном поступлении.

Задание 10

Рассчитать мощность эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака, образовавшегося в результате гипотетической аварии на реакторе ВВЭР-1000.

При аварии в атмосферу поступило 50% активности ^{85}Kr и 10% активности ^{88}Rb , находящейся в активной зоне реактора. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Скорость ветра $v=2$ м/с. Категория погоды по Пасквиллу-С. Высота шероховатости $z_0=100$ см (лесной массив). Интенсивность осадков в момент аварии = 2 мм/час – дождь. В расчетах дозы учитывать внешнее облучение от радиоактивного облака, обусловленное ^{85}Kr , так и ^{88}Rb , выброшенным непосредственно из реактора, так и образовавшимся при распаде ^{85}Kr .

Задание 11

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R=1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака инертных газов при нормальной эксплуатации станции.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $3 \cdot 10^{15}$ Бк/год. Состав выброса по активности: ^{41}Ar – 22%, ^{85}mKr – 5%, ^{87}Kr – 7%, ^{89}Kr – 9%, ^{133}Xe – 21%, ^{135}Xe – 36%. Эффективная высота выброса $h=120$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Высота шероховатости $z=20$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D	E	F
Частота, %		3	17	53	15	7
Скорость ветра, м/с		4	4	5	3	4

Вытянутость розы ветров -0,3.

Вкладом дочерних продуктов пренебречь

Задание 12

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R=1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака инертных газов при нормальной эксплуатации станции.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $3 \cdot 10^{14}$ Бк/год. Состав выброса по активности: ^{41}Ar – 0,2%, ^{85}mKr – 5,4%, ^{85}Kr – 6%, ^{87}Kr – 1%, ^{88}Kr – 2,2%, ^{133}Xe – 72%, ^{135}Xe – 13,2%. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Высота шероховатости $z=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D	E	F
Частота, %		5	15	55	15	10
Скорость ветра, м/с		2	4	3	2	4

Вытянутость розы ветров -0,5.

Вкладом дочерних продуктов пренебречь

Задание 13

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R=1, 10, 100$ км от АЭС в момент прохождения радиоактивного облака ^{88}Rb , выбрасываемого непосредственно из трубы станции и образовавшегося при распаде ^{88}Kr при нормальной эксплуатации станции.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $2 \cdot 10^{10}$ Бк/год ^{88}Rb и $2 \cdot 10^{16}$ Бк/год ^{88}Kr . Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Высота шероховатости $z=100$ см (городские постройки).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D	E
Частота, %	3	7	15	55	25
Скорость ветра, м/с	2	4	3	5	5

Вытянутость розы ветров -0,7.

Средняя интенсивность осадков 4 мм/ч.

При расчетах учесть внешнее облучение от облака и от осевшей на землю активности.

Задание 14

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС с реактором РБМК-1000 в момент прохождения радиоактивного облака инертных газов при нормальной эксплуатации станции.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $3 \cdot 10^8$ Бк/год. Состав аэрозольного выброса по активности: $^{140}\text{Ba} + ^{140}\text{La} - 35\%$, $^{89}\text{Sr} - 25\%$, $^{60}\text{Co} - 10\%$, $^{58}\text{Co} - 10\%$, $^{134}\text{Cs} - 10\%$, $^{137}\text{Cs} - 10\%$. Эффективная высота выброса $h=150$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Высота шероховатости $z=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D	E
Частота, %	5	15	30	30	20
Скорость ветра, м/с	2	2	2	4	4

Вытянутость розы ветров -0,5. Средняя интенсивность осадков 3 мм/ч, дождь

При расчетах учесть внешнее облучение от облака.

Задание 15

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС с реактором ВВЭР-1000 в момент прохождения радиоактивного облака йода при нормальной эксплуатации станции.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $2 \cdot 10^9$ Бк/год. Состав аэрозольного выброса по активности: $^{131}\text{I} - 60\%$, $^{133}\text{I} - 32\%$, $^{135}\text{I} - 8\%$. Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Высота шероховатости $z=100$ см (пересеченная местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D	E
Частота, %	10	20	30	20	20
Скорость ветра, м/с	2	3	4	5	5

Вытянутость розы ветров -0,7. Средняя интенсивность осадков 2 мм/ч, дождь

При расчетах учесть внешнее облучение от облака и от активности, выпавшей на почву.

Задание 16

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от АЭС с реактором ВВЭР-1000 в момент прохождения радиоактивного облака аэрозолей при нормальной эксплуатации станции.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $8 \cdot 10^9$ Бк/год. Состав аэрозольного выброса по активности: $^{51}\text{Cr} - 5\%$, $^{54}\text{Mn} - 15\%$, $^{60}\text{Co} - 30\%$, $^{58}\text{Co} - 10\%$, $^{134}\text{Cs} - 10\%$, $^{137}\text{Cs} - 25\%$, $^{106}\text{Ru} - 5\%$.

Эффективная высота выброса $h=100$ м. Предшествующая выбросу кампания $T=3$ года. Высота шероховатости $z_0=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D	E
Частота, %	10	20	30	20	20
Скорость ветра, м/с	3	3	4	5	5

Вытянутость розы ветров -0,5. Средняя интенсивность осадков 3 мм/ч, дождь

При расчетах учесть внешнее облучение от облака и осевших на поверхность земли.

Задание 17

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от трубы РХЗ в момент прохождения радиоактивного облака криптона-85 при нормальной эксплуатации.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $6 \cdot 10^{17}$ Бк/год. Эффективная высота выброса $h=180$ м. Высота шероховатости $z=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D
Частота, %	10	20	35	35
Скорость ветра, м/с	2	2	3	3

Вытянутость розы ветров -0,5. При расчетах учесть внешнее облучение от облака.

Задание 18

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от трубы РХЗ мощностью 1500 т/год в момент прохождения радиоактивного облака с ^{137}Cs при нормальной эксплуатации.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $1,2 \cdot 10^{11}$ Бк/год

Эффективная высота выброса $h=180$ м. Высота шероховатости $z=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D
Частота, %	20	20	30	30
Скорость ветра, м/с	4	4	5	5

Вытянутость розы ветров -0,5. Средняя интенсивность осадков 3 мм/ч, дождь

При расчетах учесть внешнее облучение от облака и от осевшего на поверхность земли.

Задание 19

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от трубы РХЗ мощностью 1500 т/год в момент прохождения радиоактивного облака с ^{129}I при нормальной эксплуатации.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $8 \cdot 10^{11}$ Бк/год

Эффективная высота выброса $h=180$ м. Высота шероховатости $z=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D
Частота, %	30	30	30	10
Скорость ветра, м/с	3	2	3	4

Вытянутость розы ветров -0,7. Средняя интенсивность осадков 2 мм/ч, дождь

При расчетах учесть внешнее облучение от облака и от осевшего на поверхность земли.

Задание 20

Рассчитать годовую эффективную дозу внешнего облучения людей, находящихся на расстояниях $R = 1, 10, 100$ км от трубы РХЗ мощностью 1500 т/год в момент прохождения радиоактивного облака с ^{106}Ru при нормальной эксплуатации.

Считать выброс равномерным и непрерывным в течение года и равным $2 \cdot 10^{11}$ Бк/год

Эффективная высота выброса $h=180$ м. Высота шероховатости $z_0=10$ см (сельская местность).

Повторяемость погодных условий

Категория погоды	A	B	C	D
Частота, %	20	30	20	30
Скорость ветра, м/с	3	4	3	3

Вытянутость розы ветров -0,4. Средняя интенсивность осадков 3 мм/ч, дождь

При расчетах учесть внешнее облучение от облака и от осевшего на поверхность почвы.
х экосистемах.

Критерии оценивания

Студент получает:

оценку отлично(10), если получены ответы на три вопроса, нет замечаний.

оценку отлично(9), если получены ответы на три вопроса, есть отдельные замечания.

оценку отлично(8), если получены ответы на три вопроса, есть существенные замечания и (или) ошибки в вычислениях.

оценку хорошо(7), если получены ответы на два вопроса, нет замечаний

оценку хорошо(6), если получены ответы на два вопроса, есть отдельные замечания

оценку хорошо(5), если получены ответы на два вопроса, есть существенные замечания и (или) ошибки в вычислениях.

оценку удовлетворительно(4), если получен ответ на один вопрос, нет замечаний

оценку удовлетворительно(3), если получен ответ на один вопрос, есть замечания

оценку неудовлетворительно(2), если правильные ответы на вопросы отсутствуют, но студент понимает и может объяснить смысл вопросов.

оценку неудовлетворительно(1), если правильные ответы на вопросы отсутствуют, студент не может объяснить смысл заданных вопросов.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Студент получает три вопроса, и готовится не менее 45 минут.

При этом он может пользоваться программой курса, конспектом лекций и справочной литературой.

Опрос студента не превышает 1 астрономического часа.