

**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:	Феноменология радиационных аварий
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: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Р.В. Арутюнян, д-р физ.-мат. наук, профессор

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

Аннотация

Рассматриваются крупнейшие ядерные и радиационные катастрофы в мире: причины их возникновения, различные фазы развития и протекания, проблемы распространения радиоактивности в атмосфере и прогноз радиационной обстановки в районе аварии, а также последствия радиационных аварий для населения и окружающей среды.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение радиационных аварий в Пенсильвании, ЧАЭС, ФУКУСИМА;
- изучение наиболее значимых радиационных инцидентов с закрытыми радионуклидными источниками, их радиологические, социальные и экономические последствия.

Задачи дисциплины

- изучение общих закономерностей в причинах, протекании и последствиях радиационных аварий;
- осуществление сравнительного анализа рисков воздействия на здоровье населения радиации и химических канцерогенов;
- изучение опыта реагирования на радиационные аварии;
- изучение базовых моделей воздействия радиации на человека, флору и фауну.

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-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач 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
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.

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	Авария на АЭС в Пенсильвании 1979 г.	4			2
2	Авария на АЭС Фукусима-1 в 2011 г.	4			2
3	Авария на ЧАЭС в 1986 г.	4			2
4	Базовые модели воздействия радиации на человека, флору и фауну.	4			2
5	Наиболее значимые радиационные инциденты с закрытыми радионуклидными источниками.	4			2
6	Общие данные по пострадавшим в радиационных авариях и инцидентах.	2			1
7	Радиологические, социальные и экономические последствия аварии на Фукусима-1.	2			1
8	Радиологические, социальные и экономические последствия аварии на ЧАЭС.	2			1
9	Реагирование на радиационные аварии. Опыт и уроки.	2			1
10	Сравнительный анализ рисков воздействия на здоровье населения радиации и химических канцерогенов.	2			1
Итого часов		30			15

Подготовка к экзамену	0 час.
Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Авария на АЭС в Пенсильвании 1979 г.

Предпосылки и технические причины аварии.

Ошибки персонала.

Ход аварии.

Характеристики выброса радиоактивности в окружающую среду.

Радиационное загрязнение окружающей среды.

2. Авария на АЭС Фукусима-1 в 2011 г.

Предпосылки и технические причины аварии.

Ошибки персонала.

Ход аварии.

Характеристики выброса радиоактивности в окружающую среду.

Радиационное загрязнение окружающей среды.

3. Авария на ЧАЭС в 1986 г.

Предпосылки и технические причины аварии.

Ошибки персонала.

Ход аварии.

Характеристики выброса радиоактивности в окружающую среду.

Радиационное загрязнение окружающей среды.

4. Базовые модели воздействия радиации на человека, флору и фауну.

Данные эпидемиологических исследований когорт персонала и населения, облученных в результате аварий и инцидентов.

Японский регистр облученных в результате бомбардировок Хиросимы и Нагасаки.

Основные модели радиологических рисков (НКДАР ООН, МКРЗ). Половозрастные коэффициенты канцерогенных рисков.

5. Наиболее значимые радиационные инциденты с закрытыми радионуклидными источниками.

Радиационные инциденты с радионуклидными источниками в Бразилии и России.

Радиологические последствия.

Социально-экономические последствия инцидентов.

6. Общие данные по пострадавшим в радиационных авариях и инцидентах.

Регистры по радиационным инцидентам и авариям.

Пострадавшие в результате радиационных аварий и инцидентов в атомной энергетике, медицине, научно-исследовательских учреждениях и промышленности.

Инциденты с утерянными источниками.

7. Радиологические, социальные и экономические последствия аварии на Фукусима-1.

Дозы облучения персонала, участников ликвидации последствий аварии и населения.

Последствия радиационного облучения для персонала и населения.

Социальные и экономические последствия. Причины масштабирования негативных социально-экономических последствий.

8. Радиологические, социальные и экономические последствия аварии на ЧАЭС.

Дозы облучения персонала, участников ликвидации последствий аварии и населения.

Последствия радиационного облучения для персонала и населения.

Социальные и экономические последствия в России, Беларуси и на Украине. Причины масштабирования негативных социально-экономических последствий.

9. Реагирование на радиационные аварии. Опыт и уроки.

Опыт реагирования на Чернобыльскую аварию. Ошибки и уроки.

Опыт реагирования на аварию на АЭС Фукусима-1. Ошибки и уроки.

Роль научно-технического обеспечения реагирования на радиационные аварии.

10. Сравнительный анализ рисков воздействия на здоровье населения радиации и химических канцерогенов.

Исследования по сравнительному анализу канцерогенных рисков, связанных с облучением населения и химическим загрязнением окружающей среды.

Сопоставительный анализ канцерогенных рисков радиационной и химической природы по территориям размещения объектов атомной энергетики.

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

Необходимое оборудование для занятий: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Необходимое программное обеспечение: офисный пакет OpenOffice для презентаций.

Обеспечение самостоятельной работы – доступ в Интернет, базы данных по научным журналам.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Васильев А.Д., Стрижов В.Ф. Физические модели тяжелых аварий на АЭС. Москва, Наука, 264 с., 1992.
2. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Боровой А.А., Велихов Е.П., Ключников А.А. «Ядерное топливо в объекте «Укрытие», Москва, Наука, 240 с., 2010.
3. Под ред. Шойгу С.К., Большов Л.А. Российский Национальный доклад «25 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986-2011», Москва, 2011.
4. Труды ИБРАЭ РАН / под. общ. ред. чл.-кор. РАН Л. А. Большова ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : Наука, 2007— . Вып. 13 : Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки / науч. ред. Р. В. Арутюнян. — 2013. — 246 с.

Дополнительная литература

1. Приложение R.671 к докладу НКДАР ООН за 2008 г.
2. Р.В. Арутюнян, Воробьева Л.М., Панченко С.В., Бакин Р.И. и др. «Сопоставительный анализ радиационных и химических рисков для здоровья населения Красноярского края», Радиация и риск, т.23, №2, 2014 г.
3. Санитарные правила и нормативы СанПин 2.6.1.2523-09, Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009, 100 с.
4. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2013 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации.-М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014.

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 (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

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:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Р.В. Арутюнян, д-р физ.-мат. 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-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач 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
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 «Феноменология радиационных аварий» 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.

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. В 10 семестре дифференцированный зачет.

Студенту предлагаются три вопроса.

Вопросы к дифференцированному зачету в 10 семестре:

1. Авария на АЭС Пенсильвании. Общее описание хода аварии.
2. Авария на АЭС Пенсильвании. Причины потери охлаждения активной зоны.
3. Авария на АЭС Пенсильвании. Ошибки персонала.
4. Авария на АЭС Пенсильвании. Характер повреждений активной зоны.
5. Авария на АЭС Пенсильвании. Выброс радиоактивности в защитную оболочку и окружающую среду.
6. Авария на Чернобыльской АЭС. Общее описание хода аварии.
7. Авария на Чернобыльской АЭС. Причины разгона реактора.
8. Авария на Чернобыльской АЭС. Ошибки персонала.
9. Авария на Чернобыльской АЭС. Характер повреждений активной зоны.
10. Авария на Чернобыльской АЭС. Выброс радиоактивности в защитную оболочку и окружающую среду.
11. Авария на АЭС Фукусима-1. Общее описание хода аварии.
12. Авария на АЭС Фукусима-1. Причины потери охлаждения активных зон и бассейнов выдержки ОЯТ.
13. Авария на АЭС Фукусима-1. Работа систем безопасности.
14. Авария на АЭС Фукусима-1. Ошибки персонала.
15. Авария на АЭС Фукусима-1. Характер повреждений активных зон реакторов и топлива в бассейнах выдержки.
16. Авария на АЭС Фукусима-1. Причины образования водорода и его взрывов.
17. Авария на АЭС Фукусима-1. Выбросы радиоактивности в окружающую среду..
18. Авария на АЭС Фукусима-1. Сбросы радиоактивности в океан.
19. Общее описание радиационных инцидентов в Бразилии (Гояния), России (Подольск, Электросталь). Загрязнение окружающей среды в результате этих инцидентов. Радиологические последствия указанных инцидентов.
20. Авария на Чернобыльской АЭС. Данные Российского медико-демографического регистра и института Биофизики по облучению населения, участников ликвидации последствий аварии и персонала ЧАЭС.
21. Авария на Чернобыльской АЭС. Радиологические последствия высоких доз облучения персонала. Причины повышенных доз облучения щитовидной железы населения. Радиологические последствия среди детей.
22. Авария на Чернобыльской АЭС. Масштаб и характеристики радиоактивного загрязнения территорий в результате аварии.
23. Авария на Чернобыльской АЭС. Социально-экономические последствия аварии на ЧАЭС в России, Украине, Беларуси и в Европе.
24. Авария на АЭС Фукусима-1. Данные по облучению населения, участников ликвидации последствий аварии и персонала АЭС.
25. Авария на АЭС Фукусима-1. Радиологические последствия облучения персонала. Дозы облучения и радиологические последствия среди населения Японии.
26. Авария на АЭС Фукусима-1. Масштаб и характеристики радиоактивного загрязнения территорий в результате аварии. Социально-экономические последствия аварии на АЭС.
27. Данные по инцидентам и авариям, связанным с мирным использованием атомной энергии в различных отраслях: атомная энергетика, медицина, промышленность, наука.
28. Данные НКДАР ООН по числу пострадавших и погибших во всех радиационных инцидентах и авариях.
29. Регистр облученных японцев в результате бомбардировок Хиросимы и Нагасаки. Результаты эпидемиологических исследований последствий облучения, выживших после атомных бомбардировок.

30. Базовые модели анализа онкологических рисков в результате облучения человека в высоких и малых дозах.
31. Половозрастные коэффициенты канцерогенных рисков при малых дозах облучения.
32. Воздействие химически вредных веществ на здоровье человека. Химические канцерогены.
33. Сравнение норм допустимого воздействия химически вредных веществ и радиационного облучения.
34. Данные по сравнительному анализу радиационных и химических рисков для здоровья населения в регионах размещения объектов атомной энергетики.
35. Основные меры по локализации аварий на ЧАЭС и Фукусима-1. Меры защиты населения на различных этапах после аварии на ЧАЭС в СССР-России.
36. Чернобыльское законодательство. Критерии вмешательства в СССР, России и Европе после аварии на ЧАЭС.
37. Меры и критерии по защите населения, принятые в Японии после аварии на АЭС Фукусима-1.
38. Причины масштабирования социально-экономических последствий и роль критериев защиты населения в необоснованных экономических потерях при авариях на ЧАЭС и Фукусима-1.
39. Система научно-технического обеспечения реагирования на радиационные аварии.

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

Для данного курса принята следующая процедура оценивания:

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.