МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 30.08.2022 № 1-8/2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ / RADIATION MONITORING

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

профиль

Radioecology and Radiation Protection

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2022 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- вооружение обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для участия в организации работ по радиационному мониторингу и контролю.

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- ознакомить студентов с современной нормативно-правовой базой в области государственного мониторинга радиационной обстановки;
- сформировать представление об организации работ по радиационному мониторингу и контролю;
- сформировать представление об организации работы государственной сети радиационного мониторинга на территории РФ, получении и анализе данных радиационного мониторинга.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Ядерная физика / Nuclear physics», «Ядерные технологии / Nuclear technologies», «Экология / Ecology», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений / Dosimetry and protection from ionizing radiation», «Физико-химические методы анализа / Physico-chemical methods of analysis», «Экологическая безопасность / Environmental Safety».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Безопасность жизнедеятельности / Fundamentals of health and safety», «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Radiation technologies in the agriculture and food industry», выполнение научно-исследовательской работы, всех видов практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 Знать этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами; У-УК-2 Уметь разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации; определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;

		В-УК-2 Владеть методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта;
ПК-11	Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	З-ПК-11 Знать законодательные и нормативные акты, регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности; У-ПК-11 Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам; В-ПК-11 Владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам;
ПК-22.2	Способен обеспечивать организацию и контроль экологической и радиационной безопасности радиационно опасных объектов	З-ПК-22.2 Знать основы дозиметрии и защиты от ионизирующих излучений; принципы организации радиационного и экологического мониторинга и контроля; основы учета и контроля ядерных материалов и радиоактивных веществ; У-ПК-22.2 Уметь анализировать и интерпретировать данные дозиметрического контроля и радиационного мониторинга; применять положения нормативно-правовых документов в области экологической и радиационной безопасности, учета и контроля ЯМ, РВ и РАО; В-ПК-22.2 Владеть технологиями анализа данных радиационного мониторинга; навыками использования методик, оборудования и приборов для проведения экологического и радиационного контроля; принципами организации систем радиационной и экологической безопасности.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия *(всего)*	
В том числе:	48
лекции	16
практические занятия *(из них в форме практической подготовки*	32 (0)
лабораторные занятия *(из них в форме практической подготовки)*	- (0)
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
экзамен	36
Самостоятельная работа обучающихся	**60**
Всего (часы):	**144**
Всего (зачетные единицы):	**4**

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. ***Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)***

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
			Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-8	**1.**	**Радиационный мониторинг на территории РФ**	**8**	**16**	**-**	**-**	**20**
1-2	1.1.	Нормативно-правовая база радиационного мониторинга	2	4	-	-	6
3-4	1.2	Государственная наблюдательная сеть радиационного мониторинга	2	4	-	-	7
5-8	1.3	Современная радиационная обстановка на территории РФ	4	8			7
9-12	**2.**	**Радиационный мониторинг вокруг локальных объектов**	**4**	**8**	**-**	**-**	**20**
9-10	2.1.	Организация радиационного контроля вокруг АЭС	2	4	-	-	10
11-12	2.2.	Программы радиационного контроля вокруг АЭС	2	4	-	-	10
13-16	**3.**	**Международный опыт ведения радиационного мониторинга и контроля окружающей среды**	**4**	**8**	**-**	**-**	**20**
13-14	3.1.	Международные системы радиационного мониторинга окружающей среды	2	4	-	-	10
15-16	3.2.	Общие принципы организации радиационного мониторинга при авариях и инцидентах	2	4	-	-	10
		Итого за 2 семестр:	**16**	**32**	**-**	**-**	**60**

		Всего:	**16**	**32**	**-**	**-**	**60**

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	№	Наименование раздела/ темы дисциплины	Содержание
	1.	**Радиационный мониторинг на территории РФ**	
1	1.1.	Нормативно-правовая база радиационного мониторинга	Основные понятия и определения. Нормативно-правовая база радиационного мониторинга
3	1.2	Государственная наблюдательная сеть радиационного мониторинга	Государственная наблюдательная сеть: состав, структура, виды наблюдений
5, 7	1.3	Современная радиационная обстановка на территории РФ	Радиационная обстановка в России. Радиационный мониторинг на загрязненных в результате крупных аварий территориях. Радиационные инциденты на территории РФ. Радиационный мониторинг в местах мирных ядерных взрывов. Радиационный мониторинг в Арктической зоне РФ.
	2.	**Радиационный контроль**	
9	2.1.	Радиационный контроль на АЭС	Радиационный контроль: основные термины и определения. Цели и задачи радиационного контроля вокруг АЭС
11	2.2.	Программы радиационного контроля вокруг АЭС	Программы радиационного контроля вокруг АЭС
	3.	**Международный опыт ведения радиационного мониторинга и контроля окружающей среды**	
13	3.1.	Международные системы радиационного мониторинга окружающей среды	Системы радиационного мониторинга в разных странах. Организация наблюдений, виды наблюдений, средства отбора и анализа проб компонентов природной среды.
15	3.2.	Общие принципы организации радиационного мониторинга при авариях и инцидентах	Организация радиационного мониторинга при ядерных авариях и инцидентах различного масштаба. Средства наблюдения при ядерных авариях. Мобильные лаборатории радиационной разведки. Группы аварийного реагирования.

Практические/семинарские занятия

Неделя	№	Наименование раздела/ темы дисциплины	Содержание
	1.	**Радиационный мониторинг на территории РФ**	
2	1.1.	Нормативно-правовая база радиационного мониторинга	Единая государственная система радиационного мониторинга (ЕГАСМРО). Ознакомление с работой интернет-портала ЕГАСМРО.

4	1.2	Государственная наблюдательная сеть радиационного мониторинга	Изучение принципов работы пробоотборного оборудования, используемого на государственной сети радиационного мониторинга.
6, 8	1.3	Современная радиационная обстановка на территории РФ	Информационные материалы, генерируемые сетью радиационного мониторинга Росгидромета. Ежегодник, бюллетени, справки.
	2.	**Радиационный контроль**	
10	2.1.	Радиационный контроль на АЭС.	Изучение принципов работы оборудования, используемого для контроля вокруг АЭС.
12	2.2.	АСКРО Госкорпорации «Росатом»	Ознакомление с интернет-порталом ГК «Росатом». Данные АСКРО. АСКРО и ЕГАСМРО.
	3.	**Международный опыт ведения радиационного мониторинга и контроля окружающей среды**	
14	3.1.	Международные системы радиационного мониторинга окружающей среды	Ознакомление с принципами работы международных систем передачи данных радиационного мониторинга. ЕВРОДЕП. СТВТО.
16	3.2.	Международный мониторинг в различных странах	Организация радиационного мониторинга в различных странах. Сравнение международных и отечественной систем наблюдения за радиационной обстановкой.

Лабораторные занятия
Не предусмотрены.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнения курсовой работы, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену) обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций;
- основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (http://elibrary.ru.)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 2 семестр			
1.	Раздел 1	З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, З-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2	Тестирование 1
2.	Раздел 2	З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, З-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2	Тестирование 2
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	Экзамен	З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, З-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2	Экзаменационный билет

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум

Текущая аттестация	**1-16**	**36**	**60**
Контрольная точка № 1	**7-8**	**18**	**30**
Тестирование 1	7	18	30
Контрольная точка № 2	**15-16**	**18**	**30**
Тестирование 2	16	18	30
Промежуточная аттестация	**-**	**24**	**40**
Экзамен	-		
Экзаменационный билет	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		**60**	**100**

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Оценка ECTS</th><th>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5- «отлично»/ «зачтено»</td><td>A</td><td>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 - «хорошо»/ «зачтено»</td><td>B</td><td rowspan="3">Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»</td><td rowspan="2">Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
</table>

0-59	2 - *«неудовлетворительно»/ «не зачтено»*	*F*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. AMAP, 2003. AMAP Assessment 2002. Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
2. AMAP, 2004. AMAP Assessment 2002. Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
3. AMAP, 2010. AMAP Assessment 2009: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
4. AMAP, 2015. AMAP Assessment 2016: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
5. Jensen L.K., Shpinkov V., Heldal H.E., Gwynn J.P., Møller B., Bulgakov V., Katkova V., Artemyev G. "10 Years of joint monitoring of radioactive substances in the Barents sea 2006-2015" Joint Norwegian-Russian expert group for investigation of Radioactive Contamination in the Northern Areas. - 2017. - 26 p.
6. МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. Требования безопасности. Радиационная защита и безопасность источников облучения. Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности, ООБ часть 3, МАГАТЭ, Вена, 2011.– 318 с. (Safety Standards Series, GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. International Basic Safety Standards, IAEA, Vienna, 2011.– 303 p.)
7. Труды МКРЗ. Публикация 103. Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ). Рекомендации 2007 года.– М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна при поддержке ФМБА России, 2009.– 314 с.
8. Эффекты радиации на окружающую среду. Отчет НКДАР ООН 2008 года Генеральной Ассамблее ООН с научными приложениями. Том II, научное приложение E. Эффекты ионизирующей радиации на биоту. Нью-Йорк: ООН, 2011. – 164 с. (Effects of radiation on the environment. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effects of ionizing radiation on non-human biota. United Nations, New-York, 2011. – 164 p.)
9. Труды МКРЗ. Публикация 136. Международная Комиссия по радиационной защите (МКРЗ). Дозовые коэффициенты для биоты, отличной от человека, при облучении в окружающей среде. Анналы МКРЗ, 2017.– 46(2). (ICRP– International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 136. Dose coefficients for non-human biota environmentally exposed to radiation. Annals ICRP, 2017. – 46(2)).
10. Труды МКРЗ. Публикация 108. Международная Комиссия по радиационной защите (МКРЗ). Защита окружающей среды: концепция и использование референтных животных и растений. Анналы МКРЗ, 2009.– 251 с. (ICRP– International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 108. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. Annals ICRP, 2009.– 251 p.)
11. Труды МКРЗ. Публикация 124. Международная Комиссия по радиационной защите (МКРЗ). Защита окружающей среды при различных ситуациях облучения. Анналы МКРЗ, 2014 – 59 с. (ICRP – International Commission on Radiological Protection. Publication 124. Protection of

the Environment under Different Exposure Situations. Annals of the ICRP, 2014. – 59 p.)
12. Nikitin A.I., Chumichev V.B., Valetova N.K. et al. The current content of artificial radionuclides in the water of the Tobol-Irtysh river system (from the mouth of the Iset River to the confluence with the Ob River) // Journal of Environmental Radioactivity. 2007. V. 96. Issues 1-3. P. 138-143.
13. Nikitin A.I., Kryshev I.I., Bashkirov N.I., Valetova N.K., Dunaev G.E., Kabanov A.I., Katrich I. Yu., Krutovsky A.O., Nikitin V.A., Petrenko G.I., Polukhina A.M., Selivanova G.V., Shkuro V.N. Up-to-date concentrations of long-lived artificial radionuclides in the Tom and Ob rivers in the area influenced by discharges from Siberian chemical combine // Journal of Environmental Radioactivity. 2012. V. 108. P. 15-23.
14. МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. IAEA-TECDOC-1092. Generic procedures for monitoring in a nuclear and radiological emergency. –IAEA, 1999.

б) дополнительная учебная литература:

1. Roshydromet, 2018. Radiation situation in the territory of Russia and adjacent states in 2010. Annual report, Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet).
2. Roshydromet, 2019. Radiation situation in the territory of Russia and adjacent states in 2011. Annual report, Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet).
3. Roshydromet, 2020. Radiation situation in the territory of Russia and adjacent states in 2012. Annual report, Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet).
4. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I: Sources//United Nations, New York, 2000.- 654 p.
5. UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations scientific Committee of the Effects of Atomic radiation//Report to the general Assembly, with Scientific Annexes/ United Nations, New York, 1993.- 922 p.
6. Sivintsev, Y.V., S.M. Vakulovsky, A.P. Vasiliev AP, et al., 2005. Technogenic radionuclides in the sea surrounding Russia. Radioecological Consequences of Radioactive Waste Dumping in the Arctic and Far Eastern Seas. The White Book – 2000, Moscow.
7. TGD. Technical Guidance Document on Risk Assessment. – Parts 1-4. – European Communities, 2003.
8. Balonov M., Bouville A. Radiation Exposures Due to the Chernobyl Accident. - Encyclopedia of Environmental Health. - 2011, P. 709-720.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе освоения дисциплины студентам рекомендуется обращаться за дополнительной информацией к информационным ресурсам свободного доступа, в том числе:

1. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [Официальный сайт]. – URL: http://www.meteorf.ru/
2. Межведомственная информационная система по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий [Официальный сайт]. – URL: http://rb.mchs.gov.ru/
3. Международная комиссия по радиологической защите МКРЗ (ICRP) [Официальный сайт]. – URL: http://www.icrp.org/
4. Госкорпорация Росатом [Официальный сайт]. – URL: http:// www.rosatom.ru/
5. Ростехнадзор [Официальный сайт]. – URL: http:// www.gosnadzor.ru/
6. МАГАТЭ [Официальный сайт]. – URL: http:// www.iaea.org
7. Российское атомное сообщество [Официальный сайт]. – URL: http:// http://www.atomic-energy.ru/

8. Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами [Официальный сайт]. – URL: http://www.norao.ru/
9. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО) [Официальный сайт]. – URL: http://egaskro.ru/
10. Правовая система «Консультант плюс» [Официальный сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/
11. The Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization [Официальный сайт]. - URL: https://www.ctbto.org/press-centre/press-releases/2011/ctbto-to-share-data-with-iaea-and-who/

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для оптимальной организации работ по изучению дисциплины студентам следует придерживаться следующих рекомендаций.

В течение семестра студенты должны изучать теоретический материал в соответствии с программой курса, выполнять лабораторные работы, предложенные преподавателем задания к практическим занятиям и самостоятельной работе, готовиться к текущей и промежуточной аттестации, прорабатывая необходимый материал согласно перечню терминов, контрольных вопросов и списку рекомендованной литературы.

Студент должен вести конспект лекций - кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Во время самостоятельной проработки лекционного материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным терминам, спорным точкам зрения. Такие моменты следует выделить или выписать отдельно для дальнейшего обсуждения на семинарском занятии. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Практические занятия требуют активного участия всех студентов в обсуждении вопросов, выносимых на семинар. Поэтому важно при подготовке к ним продумать вопросы, которые хотелось бы уточнить. Возможно расширение перечня рассматриваемых вопросов в рамках темы по желанию и предложению обучающихся.

Материал к занятиям можно подобрать в периодических изданиях научного и прикладного характера, выявляя тот, который имеет отношение к современным проблемам радио. Аналитический разбор подобных публикаций помогает пониманию и усвоению теоретического материала, формирует навыки использования различных подходов, решения стандартных задач, развивает способность к нестандартным решениям.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине предполагает более глубокую проработку ими отдельных тем курса, определенных программой. Основными видами и формами самостоятельной работы студентов по данной дисциплине являются:

- проработка учебного (теоретического) материала
- подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка сообщений и докладов к семинарским занятиям;
- подготовка к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, в том числе выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к экзамену.

В процессе изучения данной дисциплины учитывается посещаемость лекций, оценивается активность студентов на семинарских занятиях, а также качество и своевременность подготовки теоретических материалов и практических заданий.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материалы семинарских занятий, рекомендуемую литературу и др.

Условием успешного освоения материала и сдачи текущего и промежуточного контроля является систематическая работа в соответствии с учебным планом.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

1) Создание и управление классами,
2) Создание курсов,
3) Организация записи учащихся на курс,
4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
5) Публикация заданий для учеников,
6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

– Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
– Интерактивное общение с помощью программы skype
– Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
- Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, www.consultant.ru (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe7C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
3) ЭБС «Издательства Лань», https://e.lanbook.com/;
4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, www.book.ru;
5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, www.iprbooks.ru;
7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;

8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru»,
9) http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf
10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», http://urait.ru/.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для лекционных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная ноутбуком и проектором.
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с современными средствами демонстрации (мультимедийное оборудование), а также помещения для самостоятельной работы студентов.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При преподавании дисциплины применяются разнообразные образовательные технологии, включающие пассивные, активные и интерактивные формы проведения занятий.
Активные формы занятий включают: проблемную лекцию, лекции-визуализации, лекции-беседы, семинары и семинары-беседы. Лекционный курс и практические занятия сопровождаются мультимедийными презентациями.

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы, выносимые для самостоятельного изучения:

1. Международные организации. Роль международных организаций в радиационной защите.
Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ). Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ). Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН). Международная организация труда (МОТ). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)
2. Основы безопасности МАГАТЭ. Цель и принципы безопасности. Основы безопасности: сновополагающая цель безопасности, связанные с ней принципы безопасности (предназначение и цели)
3. Ситуации планируемого облучения. Обязанности соответствующих сторон, связанных с программами мониторинга окружающей среды: регистрация данных, оценка доз, получаемых населением, проверка соблюдения ограничений по сбросам, производные референтные уровни для окружающей среды, дозовые ограничения для мониторинга источников, пределы доз для индивидуального мониторинга; регистрация результатов; хранение регистрационных записей и отчетов, возможность осуществления аварийного мониторинга.
4. Ситуации планируемого облучения в немедицинских применениях.
5. Ситуации планируемого облучения в медицинских применениях.
6. Ситуации аварийного облучения и аварийная готовность.
7. Ситуации существующего облучения.
8. Рекомендации МКРЗ. Структура и цели рекомендаций; структура системы защиты; содержание рекомендаций; исключения и изъятия. Система радиологической защиты людей
Типы ситуаций облучения; категории облучения, выявление подвергшихся облучению лиц; уровни радиологической защиты. Принципы радиологической защиты. Обоснование;

оптимизация защиты; дозовые ограничения и референтные уровни; пределы дозы. Защита окружающей среды. Цель радиологической защиты окружающей среды; референтные животные и растения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Кратко изложите мандаты международных организаций и их роль в области радиационной защиты.
2. Опишите роль НКДАР ООН, МКРЗ и МАГАТЭ в обеспечении радиационной защиты.
3. Опишите различные типы Норм безопасности МАГАТЭ и их иерархию.
4. Объясните разницу между имеющими и не имеющими обязательной силы правовыми документами МАГАТЭ.
5. Кратко изложите рекомендации, содержащиеся в Публикации 103 МКРЗ.
6. Опишите кратко систему радиологической защиты, а также типы и категории облучения.
7. Изложите базовые принципы радиационной защиты.
8. Изложите все основные требования, содержащиеся в Основных нормах безопасности, которые касаются ситуаций планируемого облучения.
9. Изложите требования, действующие в отношении мониторинга и учета облучения населения в ситуациях планируемого облучения.
10. Перечислите цели и компоненты программы мониторинга окружающей среды в ситуациях планируемого облучения. Изложите требования, действующие в отношении учета результатов мониторинга окружающей среды. Опишите различные методы отбора проб окружающей среды.

14.3. Краткий терминологический словарь

При проведении курса использовался **Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности** (издание 2007 года). Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. А также терминология из отечественных нормативно-правовых документов, некоторые термины которой представлены ниже.

Активность – Мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. Единицей активности является беккерель (Бк) (НРБ-99/2009).

Активность удельная (объемная) – Отношение активности радионуклида в веществе к массе (объему) вещества, Бк/кг (Бк/м^3) (НРБ-99/2009).

Вещество радиоактивное – Вещество в любом агрегатном состоянии, содержащее радионуклиды с активностью, на которые распространяются требования норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Водный объект – Природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима. Водные объекты включают: водотоки – реки, ручьи, каналы; водоемы – озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища; отдельные части морей – проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и прочие.

Водоем-охладитель – Естественный или искусственный водный объект, вода которого используется в системах технического водоснабжения атомной станции (СТО 1.1.1.02.006.0689).

Примечание – различают водоемы-охладители:

- руслового типа, образованные в русле поверхностного водотока;
- озерного типа, образованные с использованием природных озер;
- наливного типа, образованные искусственным водохранилищем;
- отсечного типа, образованные путем отсечения части крупного поверхностного водоема;
- морского типа, образованные с использованием морей.

Водопользователь – Физическое лицо или юридическое лицо, которым предоставлено право пользования водным объектом [1].

Водосборная площадь – Территория, с которой поверхностные и подземные поды стекают в определенный водоем.

Группа критическая – Группа лиц из населения (не менее 10 человек), однородная по одному или нескольким признакам – полу, возрасту, социальным или профессиональным условиям, месту проживания, рациону питания, которая подвергается наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения (НРБ-99/2009).

Дебалансные воды – Очищенные воды, образующиеся после переработки жидких радиоактивных сред и не подлежащие повторному использованию на технические нужды АС.

Доза минимально значимая – Индивидуальная годовая эффективная доза облучения (10 мкЗв), ниже которой на источник, ее создающий при любых условиях обращения с ним, не распространяются требования НРБ-99/2009.

Доза эквивалентная – Поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения (НРБ-99/2009).

Доза эффективная годовая – Сумма эффективной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год (НРБ-99/2009).

Допустимый сброс радиоактивных веществ в водный объекть – Установленный для каждого источника в качестве основной нормы и утверждаемый в установленном порядке разрешенный сброс радиоактивных веществ в поверхностный водный объект за единицу времени (год). Устанавливается с целью обеспечения действующих санитарных правил и норм радиационной безопасности населения, а также нормативов качества окружающей среды.

Индекс выброса – Сумма отношений активности выброса нормируемых радионуклидов в атмосферный воздух к установленным значениям предельно допустимого выброса.

Индекс сброса – Сумма отношений активности сброса нормируемых радионуклидов в водные объекты к установленным значениям допустимого сброса.

Квота предела дозы – Часть предела дозы, установленная для ограничения облучения населения от конкретного техногенного источника излучения и пути облучения (внешнее, поступление с водой, пищей, или ингаляционное поступление). Выделение квоты согласуется с органами санитарно-эпидемиологического надзора органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Контролируемая величина (параметр) – Физическая величина, подлежащая измерению или определению по результатам измерений для данного вида радиационного контроля.

Контрольная точка – Область (участок) объекта радиационного контроля, назначенная для измерений в ней контролируемых (наблюдаемых) радиационных параметров.

Контрольный уровень – Значение контролируемой величины (дозы, мощности дозы, выброса, сброса, радиоактивного загрязнения и т.д.), устанавливаемое для оперативного радиационного контроля, с целью закрепления достигнутого уровня безопасности, обеспечения дальнейшего снижения облучения персонала и населения, радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также оценки соответствия условий облучения или радиационной обстановки установленным требованиям и принятия решения о корректирующих мероприятиях.

Контроль периодический (текущий) – Контроль радиационного параметра с получением информации о нем за определенный промежуток времени.

Контроль учетный – Количественная и качественная оценка активности и радионуклидного состава при сбросе сточных вод в водные объекты для подтверждения соответствия АС, как источника поступления сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, установленным нормативным требованиям.

Население **–** Все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения (НРБ-99/2009).

Неопределенность измерений – Характеристика точности измерений искомой величины с помощью данного средства измерений и методики (метода) измерений, определяющая разброс возможных при данном измерении значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. В радиационном контроле неопределенность измерений оценивается как

интервал вокруг измеренного значения величины, внутри которого с заданной вероятностью P = 0,95 находится действительное значение измеряемой величины.

Нижний предел диапазона измерений – Устанавливаемое по результатам метрологического исследования наименьшее значение радиационного параметра для объекта контроля (счетного образца, пробы), которое может быть измерено данным средством измерений с применением конкретной методики измерений при заданной статистической неопределенности в регламентированных условиях.

Облучение – Воздействие на человека ионизирующего излучения (НРБ-99/2009).

Облучение техногенное – Облучение от техногенных источников, как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов (НРБ-99/2009).

Предел дозы – Значение эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения населения за счет нормальной эксплуатации радиационно-опасного объекта, которое не должно превышаться. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне (НРБ-99/2009).

Предельно допустимый выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух – Установленный для каждого источника в качестве основной нормы и утверждаемый в установленном порядке разрешенный выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух за единицу времени (год). Устанавливается с целью обеспечения действующих санитарных правил и норм радиационной безопасности населения, а также нормативов качества окружающей среды.

Представительность пробоотбора – Объем и/или количество единичных проб и местоположение контрольных точек, влияющие на неопределенность результата измерения при выполнении контроля.

Сточные воды – Дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади [1].

Счетный образец – Определенное количество вещества, подготовленное для измерений его радиационных характеристик в соответствии с регламентированной методикой измерений.

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:
М.Н. Каткова
старший научный сотрудник, руководитель лаборатории № 1 ИПМ, НПО «Тайфун»,
кандидат биологических наук

Рецензенты:

Спиридонов С.И.
заведующий лабораторией математического моделирования и программно-информационного обеспечения, ВНИИРАЭ,
доктор биологических наук, профессор

Удалова А.А.
профессор отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ,
доктор биологических наук