

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Утверждаю  
Первый проректор академии

\_\_\_\_\_ А.В. Соляник  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Регистрационный № \_\_\_\_\_

## **РАДИОМЕТРИЯ И ДОЗИМЕТРИЯ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:  
1-33 01 06 Экология сельского хозяйства

2015 г.

**СОСТАВИЛИ:**

Чернуха Г.А., доцент кафедры сельскохозяйственной радиологии, кандидат с.х. наук, доцент  
Сачивко Т.В., ассистент кафедры сельскохозяйственной радиологии, кандидат с.х. наук  
Азаренко Ю.В., ассистент кафедры сельскохозяйственной радиологии

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.Ф. МИРОНЧИК, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой охраны труда и экологии Могилевского государственного университета продовольствия

А.Г. ПОДОЛЯК, кандидат с.-х. наук, доцент, заместитель директора по научной работе РНИУП «Институт радиологии»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой Сельскохозяйственной радиологии  
(протокол № 6 от «12» февраля 2015 г.);  
Научно-методической комиссией Агроэкологического факультета  
(протокол № 6 от «18» февраля 2015 г.)  
Научно-методическим Советом УО БГСХА  
(протокол № 5 от «24» февраля 2015 г.).

Ответственные за редакцию: Чернуха Г.А., Сачивко Т.В., Азаренко Ю.В.

Ответственные за выпуск: Чернуха Г.А., Сачивко Т. В., Азаренко Ю.В.

# 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1. Актуальность изучения учебной дисциплины

Все живые существа на Земле всегда подвергались воздействию ионизирующей радиации естественного происхождения. Быстрое развитие за прошедшее столетие ядерной энергетики, широкое использование источников ионизирующих излучений в различных областях науки, техники, народного хозяйства, медицины, а также катастрофа на Чернобыльской АЭС привели к увеличению дополнительного облучения населения и профессиональных работников. В связи с этим проблема защиты от ионизирующей радиации является актуальной и важной.

Одной из задач подготовки специалистов-радиоэкологов является обучение их методам определения содержания радионуклидов в объектах радиационного контроля и доз облучения. На основании этого производится планирование и обоснование способов защиты от ионизирующих излучений.

Изучение радиометрии и дозиметрии базируются на знании таких дисциплин как: математика, атомная и ядерная физика, органическая и неорганическая химия, радиохимия. В то же время освоение курса радиометрии и дозиметрии закладывает базу для изучения таких дисциплин как радиология, радиоэкология и метрология.

## 1.2. Цель и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Радиометрия и дозиметрия» является подготовка высококвалифицированных специалистов-радиоэкологов, обладающих знаниями и навыками в области радиометрии и дозиметрии, способных к практическому применению методов и средств измерения содержания радионуклидов в объектах окружающей среды, оценки радиационной обстановки и способах защиты человека от радиационного воздействия.

Основные задачи дисциплины:

- разработка и применение единых общих методов и средств измерения количеств радиоактивных веществ в объектах окружающей среды;
- унификация единиц измерения основной величины – активности радионуклида;
- разработка и осуществление системы, методов и образцовых средств передачи размера единиц с наивысшей возможной точностью

от первичных эталонов к применяемым на практике ионизирующим источникам излучений, радиоактивным образцам и измерительным приборам;

- использование единых методов определения точности измерений, (теории погрешностей измерений);

- разработка необходимой нормативной документации (государственных стандартов и методических указаний), регламентирующих порядок, методы и средства передачи размера единиц.

- изучение свойств поля излучения, его векторных, скалярных и дозиметрических характеристик;

- изучение физических величин, характеризующих поле излучения; принципов и методов определения этих величин;

- изучение общих принципов радиационной безопасности, правовых и нормативных документов в области радиационной безопасности и принципов управления радиационной безопасностью;

- изучение способов защиты от излучений и расчет биологических защит.

### **1.3. Требования к уровню усвоения содержания учебной дисциплины**

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК) и социально-личностные (СЛК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1 – 33 01 06 – 2013 Экология сельского хозяйства:

- АК–1.** владеть и применять полученные базовые знания для решения теоретических и практических задач;

- АК–2.** владеть системным и сравнительным анализом;

- АК–3.** владеть исследовательскими навыками;

- АК–4.** уметь работать самостоятельно;

- АК–5.** быть способным порождать новые идеи;

- АК–6.** применять методы математической статистики при оценке эксперимента;

- СЛК–1.** обладать качествами гражданственности;

- СЛК–2.** уметь работать в коллективе;

- СЛК–3.** уметь самостоятельно принимать профессиональные решения с учетом их социальных и экологических последствий.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями, предусмотренными в образовательном стандарте ОСВО 1 – 33 01 06 – 2013 и быть способным:

**в производственно-технологической деятельности:**

- ПК–1.** успешно осуществлять активную профессиональную дея-

тельность;

ПК–2. определять основные направления разработки и внедрения экологически обоснованных мероприятий по уменьшению техногенных факторов;

ПК–3. применять прогрессивные энерго- и ресурсосберегающие технологии;

ПК–4. определять приоритетность природоохранных мероприятий;  
**в экспертно-аналитической деятельности:**

ПК–5. производить отбор проб различных объектов внешней среды, их маркировку, оформление сопроводительной документации, регистрацию, хранение, обработку и оформление результатов исследований;

ПК–6. использовать современные методы определения радионуклидов в пробах воздуха, воды, почвы и продуктах питания;

ПК–7. анализировать существующие и прогнозировать эколого-экономические последствия радионуклидного загрязнения объектов окружающей среды;

**в организационно-управленческой деятельности:**

ПК–8. работать с нормативно-правовыми актами;

ПК–9. составлять документацию (графики работ, инструкции, правила, заявки, деловые письма и т.п.), а также отчетную документацию по установленным формам;

ПК–10. взаимодействовать со специалистами смежных профилей;

ПК–11. анализировать и оценивать собранные данные;

**в научно-исследовательской деятельности:**

ПК–12. анализировать результаты исследований в области экологии сельского хозяйства;

ПК–13. исследовать направления рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды;

ПК–14. обрабатывать и анализировать полученные результаты;

ПК–15. работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой;

**в консультативной деятельности:**

ПК–16. проводить сбор данных, анализировать информацию и формировать точку зрения на характер и аспекты экологической проблемы;

ПК–17. разрабатывать детальный план мероприятий, включая методологию, основные действия, кадровое обеспечение, график, бюджет и соизмеримые цели.

Для приобретения профессиональных компетенций ПК–1 и ПК–2 в результате изучения дисциплины студент должен **знать:**

- системные и внесистемные единицы измерения активности и доз;
- дозовые характеристики поля излучения;
- основные методы регистрации ионизирующих излучений в объ-

ектах радиологического контроля;

- классификация источников ионизирующего излучения;
- принципы и особенности конструкции дозиметров

**Уметь:**

- проводить радиометрическую экспертизу объектов окружающей среды и сельскохозяйственного производства;
- использовать нормативные документы при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений;
- проводить измерения мощности дозы гамма-излучения на местности;
- осуществлять дозиметрический контроль техники, животных и оборудования;
- устранять простейшие неисправности дозиметрических приборов;
- делать выводы о радиационной обстановке и применять меры по устранению переоблучения людей и животных.

**Владеть:**

- навыками работы на современных радиометрах, спектрометрах и дозиметрах;
- навыками статистической обработки полученных данных радиометрического контроля и правильно их интерпретировать;
- навыками выбора детекторов и методов измерения активности в объектах радиоактивного контроля в зависимости от вида и особенностей ионизирующего излучения;
- методами расчета защиты от ионизирующего излучения.

#### **1.4. Структура содержания учебной дисциплины**

Содержание дисциплины представлено в виде тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении указанных выше естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Дисциплина относится к циклу дисциплин специализации образовательного стандарта ОСВО 1 – 33 01 06 – 2013.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 334 часа. Из них аудиторных – 180 часов, в том числе 90 часов составляют лекции, 90 часов – лабораторные занятия. По разделу 1 «Радиометрия ионизирующих излучений» выполняется курсовая работа. Оценка итоговых приобретенных компетенций производится на зачете и экзамене.

## 2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название разделов и тем	Примерное количество часов			Перечень формируемых компетенций
		Аудиторных	В том числе		
			лекции	лабораторные	
1	2	3	4	5	6
	<b>Введение</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	–	АК–1.
	<b>РАЗДЕЛ 1. РАДИОМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ</b>			–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.1</b>	<b>Эталоны и образцовые средства измерений</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	-	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.2</b>	<b>Статистическая обработка результатов радиометрических измерений</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.2.1	Статистический характер радиоактивного распада	5	1	4	АК–1,2. СЛК–3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.2.2	Статистические законы распределения	1	1	-	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.2.3	Статистические характеристики экспериментальных данных	6	2	4	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.3</b>	<b>Основные радиометрические понятия и определения</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	–	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.3.1	Единицы измерения активности	0,5	0,5	–	АК–1,2. СЛК–3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.3.2	Специальные единицы измерения удельных активностей.	0,5	0,5	–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.3.3	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.	2	2	–	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.4</b>	<b>Методы регистрации ионизирующих излучений</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.

1	2	3	4	5	6
1.4.1	Классификация методов регистрации ионизирующих излучений и основные термины	1	1	–	АК–1,2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.4.2	Основные характеристики детекторов ионизирующего излучения	3	1	2	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.5</b>	<b>Ионизационный метод регистрации ионизирующего излучения</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.5.1	Физические основы обнаружения излучений	3	1	2	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.5.2	Вольт-амперная характеристика газового разряда	3	1	2	АК–1,2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.5.3	Ионизационные камеры	2	2	–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.5.4	Пропорциональные счетчики	2	2	–	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.5.5	Счетчики Гейгера-Мюллера	12	2	10	АК–1,2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.6</b>	<b>Оптический метод регистрации ионизирующих излучений</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	АК–1,2,4,5, 6. СЛК– 2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.6.1	Общие характеристики сцинтилляторов	2	2	–	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.6.2	Основные свойства органических сцинтилляторов	4	2	2	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.6.3	Основные свойства неорганических сцинтилляторов	4	2	2	АК–1,2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.6.4	Сцинтилляционные счетчики.	4	2	2	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.

1	2	3	4	5	6
<b>1.7</b>	<b>Полупроводниковые детекторы (ППД)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	–	АК–1.4. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.7.1	Принцип работы ППД	2	2	–	АК–1.2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.7.2	Основные типы ППД	2	2	–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.8</b>	<b>Трековые детекторы</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	-	АК–2.3. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.9</b>	<b>Кристаллические детекторы</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	–	АК–1.4. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.10</b>	<b>Черенковские детекторы</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	–	АК–1.2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.11</b>	<b>Методы измерения активности в объектах радиологического контроля</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.11.1	Краткая характеристика методов измерения активности	0,5	0,5	–	АК–2.3. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.11.2	Абсолютные измерения активности	3,5	1,5	2	АК–1.4. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.11.3	Относительные измерения активности	8	2	6	АК–1.2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>1.12</b>	<b>Спектрометрия ионизирующих излучений</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.12.1	Основные понятия спектрометрии	2	2	–	АК–2.3. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
1.12.2	Спектрометрия цезия-137. Спектрометрия стронция-90	8	2	6	АК–1.4. СЛК–2.3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.

1	2	3	4	5	6
<b>1.13</b>	<b>Приготовление радиоактивных источников</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
1.13.1	Типы радиоактивных источников	1,5	1,5	–	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
1.13.2	Приготовление бета-источников	1	1	–	АК–1,2. СЛК–3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
1.13.3	Приготовление гамма-источников	0,5	0,5	–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
	<b>РАЗДЕЛ 2. ДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.</b> Задачи дозиметрии. Систематика задач дозиметрии.	<b>1</b>	<b>1</b>	–	АК–1,2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
<b>2.1.</b>	<b>Поле ионизирующего излучения, основные понятия</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.1.1.	Основные типы полей ионизирующего излучения	2,5	0,5	2	АК–1,2. СЛК–3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.1.2.	Основные единицы измерения поля излучения	2,5	0,5	2	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.1.3.	Векторные и скалярные характеристики поля излучения	3	1	2	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
<b>2.2.</b>	<b>Классификация источников ионизирующего излучения</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	АК–1,4. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.2.1.	Типы радионуклидных источников	4	2	2	АК–1,2. СЛК–3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.2.2.	Геометрия узкого и широкого пучка фотонного излучения	3	1	2	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
<b>2.3.</b>	<b>Основные закономерности ослабления фотонного излучения</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	–	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК–2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.

1	2	3	4	5	6
2.3.1.	Интенсивность излучения точечного изотропного моноэнергетического источника	1	1	–	АК–1.4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.3.2.	Ослабление потока фотонного излучения	1	1	–	АК–1.2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>2.4.</b>	<b>Дозовые характеристики поля излучения</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.4.1.	Экспозиционная доза и ее мощность	4	2	2	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.4.2.	Поглощенная доза и ее мощность	1,5	1,5	–	АК–1.4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.4.3.	Керма и ее мощность	0,5	0,5	–	АК–1.2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.4.4.	Биологическое действие ионизирующего излучения	2	2	–	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.4.5.	Эквидозиметрия ионизирующего излучения	2	2	–	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.4.6.	Современная система дозиметрических величин	4	4	–	АК–1.4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
<b>2.5.</b>	<b>Принципы и особенности конструкции дозиметров</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	АК–1,2,4,5, 6. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.5.1.	Ионизационный метод в дозиметрии	3	1	2	АК–2,3. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.5.2.	Фотографический метод в дозиметрии	3	1	2	АК–1.4. СЛК–2,3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.
2.5.3.	Фотолюминесцентный метод в дозиметрии	4	2	2	АК–1.2. СЛК–3. ПК– 2,3,4,5,6,8,9,11,12,13, 14,16,17.

1	2	3	4	5	6
2.5.4.	Термолюминесцентный метод в дозиметрии	3	1	2	АК-1,2,4,5, 6. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.5.5.	Химический метод в дозиметрии	2	1	1	АК-2,3. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.5.6.	Кристаллические детекторы в дозиметрии	3	2	1	АК-1,4. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
<b>2.6.</b>	<b>Радиационная безопасность</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	АК-1,2. СЛК-3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.6.1.	Нормативные документы при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения	10,5	2,5	8	АК-1,2,4,5, 6. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.6.2.	Естественные и искусственные источники радиации и загрязнения окружающей среды	4,5	2,5	2	АК-2,3. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.6.3.	Дозовые нагрузки при внешнем и внутреннем облучении	4	2	2	АК-1,4. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.7.	<b>Характеристики поля фотонного излучения в защитных средах.</b>	3	3	-	АК-1,2. СЛК-3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.7.1.	Факторы накопления	2	2	-	АК-1,2. СЛК-3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.7.2.	Альbedo гамма-лучей	1	1	-	АК-2,3. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.8.	<b>Защита от ионизирующего излучения</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	АК-1,4. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.8.1.	Области применения методов дозиметрии	3	1	2	АК-1,2. СЛК-3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.8.2.	Классификация защит	6	2	4	АК-1,4. СЛК-2,3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
2.8.3.	Методы расчета защит от ионизирующего излучения	9	3	6	АК-1,2. СЛК-3. ПК-2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,14,16,17.
	<b>Всего</b>	<b>180</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	

### 3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

#### ВВЕДЕНИЕ

Предмет, история развития радиометрии и дозиметрии как науки. Задачи радиометрии и дозиметрии, систематика задач. Радиационная безопасность как научно-практическая дисциплина, ее цели и задачи.

#### РАЗДЕЛ 1. РАДИОМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

##### 1. 1. ЭТАЛОНЫ И ОБРАЗЦОВЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Классификация эталонов. Образцовые средства измерения. Международный и государственный первичный эталон единицы активности нуклидов.

##### 1. 2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**1.2.1. Статистический характер радиоактивного распада.** Понятие о вероятности. Вероятность распада отдельного радиоактивного ядра. Вероятностный характер радиоактивного распада. Случайная величина и случайные события. Сущность статистического характера радиоактивного распада.

**1.2.2. Статистические законы распределения.** Дискретные и непрерывные случайные величины. Закон распределения случайных величин. Статистические законы распределения: биномиальное распределение, распределение Пуассона, нормальное распределение Гаусса. Кривая распределения Пуассона. Кривая распределения Гаусса. Применение законов распределения на практике.

**1.2.3. Статистические характеристики экспериментальных данных.** Погрешность измерения. Точность измерения. Результат измерения. «Истинное» значение физической величины. Классификация погрешностей измерений: грубые ошибки, систематические погрешности, статистические погрешности. Причины возникновения статистических погрешностей. Средние величины и среднее арифметическое. Абсолютная погрешность отдельного измерения. Средняя абсолютная погрешность результата измерений. Относительные погрешности отдельных измерений. Средняя относительная погрешность результата измерений. Дисперсия случайной величины. Стандартное отклонение. Средняя квадратичная ошибка результата. Кривая распределения случайных погрешностей (кривая Гаусса). Правило «трех сигм». Практическое применение правила «трех сигм». Вероятная ошибка результата

измерений. Вычисление вероятной ошибки при использовании закона распределения Пуассона.

### **1.3. ОСНОВНЫЕ РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

#### **1.3.1. Единицы измерения активности.**

Определение активности. Связь активности с постоянной распада и периодом полураспада. Основной закон радиоактивного распада. Единицы измерения активности Беккерель и Кюри. Соотношение между единицами измерения активности, дольные и кратные единицы измерения активности. Понятие об удельной активности. Удельная массовая активность и объемная активность. Системные и внесистемные единицы. Плотность загрязнения поверхности радионуклидами (поверхностная активность). Единицы измерения. Устаревшая единица измерения активности – Резерфорд.

#### **1.3.2. Специальные единицы измерения удельных активностей.**

Внесистемные единицы измерения удельной активности радиоактивных газов: эман и единица концентрации радона махе (М.Е.). Миллиграмм-эквивалент радия. Стронциевые (с.е.) и цезиевые (ц.е.) единицы.

#### **1.3.3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.**

Корпускулярные и электромагнитные излучения. Краткая характеристика ионизирующих излучений. Ионизационные и радиационные потери энергии ионизирующих излучений. Взаимодействие альфа-излучения и других тяжелых заряженных частиц с веществом. Взаимодействие бета-излучения с веществом. Взаимодействие гамма-излучения с веществом: фотоэффект, Комптон-эффект и эффект образования пар. Основные процессы взаимодействия нейтронного излучения с веществом: рассеяние и радиационный захват нейтронов.

### **1.4. МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**1.4.1. Классификация методов регистрации ионизирующих излучений и основные термины.** Принципы регистрации излучения. Классификация методов регистрации: ионизационные, сцинтилляционные, радиографические и методы, основанные на эффекте Черенкова-Вавилова. Основные термины: детекторы ионизирующих излучений, регистраторы, радиометры, дозиметры, анализаторы, спектрометры, следовые камеры и ядерные фотоэмульсии. Блок-схема радиометра.

**1.4.2. Основные характеристики детекторов ионизирующих излучений.** Классификация детекторов. Основные характеристики детекторов: эффективность регистрации частиц, спектральная характе-

ридика, счетная характеристика, эффективность регистрации энергии, функция отклика, чувствительность детектора, энергетическое разрешение детектора, временное разрешение, мертвое время и восстановительное время, эффективность регистрации излучения, избирательная способность. Сравнительный анализ основных характеристик некоторых детекторов.

## **1.5. ИОНИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**1.5.1 Физические основы обнаружения ионизирующих излучений.** Первичные и вторичные взаимодействия. Физические процессы происходящие в газах при облучении. Понятие диффузии в газах. Понятие ионизационного тока. Электропроводимость в газах, газовый разряд.

**1.5.2. Вольт-амперная характеристика газового разряда.** Анализ вольт-амперной характеристики. Область закона Ома. Ток насыщения. Область ионизационной камеры. Вторичная (ударная) ионизация. Газовое усиление. Пропорциональная область. Область ограниченной пропорциональности. Область Гейгера и самостоятельный газовый разряд. Область непрерывного разряда.

**1.5.3. Ионизационные камеры.** Устройство и принцип работы ионизационной камеры. Токвые и импульсные режимы работы ионизационной камеры. Принцип работы токовой камеры. Принцип работы импульсной камеры. Основные характеристики ионизационной камеры. Область применения ионизационных камер.

**1.5.4. Пропорциональные счетчики.** Устройство и принцип работы пропорционального счетчика. Коэффициент газового усиления. Механизм газового разряда в пропорциональном счетчике. Рабочие характеристики. Область применения пропорциональных счетчиков.

**1.5.5. Счетчики Гейгера-Мюллера.** Устройство и принцип работы счетчика. Конструкция и типы счетчиков Гейгера-Мюллера: торцовые и цилиндрические. Схема включения. Механизм газового разряда в счетчиках Гейгера-Мюллера. Несамогасящиеся и самогасящиеся газоразрядные счетчики. Основные характеристики счетчика: счетная характеристика, наклон и длина плато, разрешающее время, эффективность регистрации, срок службы. Область применения счетчиков Гейгера-Мюллера.

## **1.6. ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**1.6.1. Общие характеристики сцинтилляторов.** Флуоресценция, фосфоресценция, фосфоры. Конверсионная эффективность, техническая эффективность, технический выход. Время высвечивания.

**1.6.2. Основные свойства органических сцинтилляторов.** Ме-

ханизм высвечивания органических кристаллов. Спектр испускания и поглощения. Процесс тушения. Механизм высвечивания сцинтиллирующих растворов. Сместители спектра.

**1.6.3. Основные свойства неорганических сцинтилляторов.** Основные параметры неорганических кристаллов. Вещества используемые для изготовления неорганических сцинтилляторов. Механизм высвечивания неорганических сцинтилляторов, центры люминисценции. Газовые сцинтилляторы.

**1.6.4. Сцинтилляционные счетчики.** Принцип метода, конструкция сцинтилляционных счетчиков. Фотоумножители; фотокатоды, основные типы. Квантовый выход. Диноды и коэффициент усиления ФЭУ. Время разрешения ФЭУ. Собственный фон ФЭУ. Ложные импульсы. Сбор света, светопроводы.

## **1.7. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ**

**1.7.1. Принцип работы ППД.** Основные понятия из физики полупроводников: электропроводимость, проводники, изоляторы, полупроводники. Основы зонной теории проводимости: запрещенные и разрешенные зоны. Зона проводимости и валентная зона. Носители проводимости в полупроводниках: электроны и дырки. Собственная проводимость. Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные энергетические уровни.

**1.7.2. Основные типы полупроводникового детектора.** Образование p-n-переходов. Образование носителей в полупроводнике под действием ионизирующих излучений. Принцип работы ППД. Темновой ток. Эффективность регистрации. Основные типы ППД: поверхностно-барьерные, диффузионные, детекторы p-i-n типа и др. Область применения ППД.

## **1.8. ТРЕКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ**

Общие понятия метода. Устройство и принцип работы камеры Вильсона. Устройство и принцип работы диффузионной камеры. Устройство и принцип работы пузырьковой камеры.

## **1.9. КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЕТЕКТОРЫ**

Устройство и принцип работы. Кристаллические счетчики на изоляторах. Амплитуда импульса, время разрешения, поляризационный эффект.

## **1.10. ЧЕРЕНКОВСКИЕ ДЕТЕКТОРЫ**

Черенковское излучение, эффект Черенкова. Устройство и принцип

работы Чернковского детектора. Черенковские детекторы без фокусировки и с фокусировкой.

## **1.11. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ В ОБЪЕКТАХ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

### **1.11.1. Краткая характеристика методов измерения активности.**

Классификация методов по типу сигнала: интегральные и дифференциальные. Классификация методов по способу регистрации. Абсолютные и относительные методы измерения. Выбор детектора и метода измерения активности в зависимости от вида излучения.

**1.11.2. Абсолютные измерения активности.** Метод 4П-геометрии. Метод торцового счетчика с фиксированной геометрией. Метод бета-гамма-совпадений. Колориметрический метод. Факторы, влияющие на результаты абсолютных измерений. Мертвое время детектора. Фон детектора. Воспроизводимость показаний радиометра. Геометрический фактор. Эффективность детектора. Самопоглощение и самораспадение бета-излучения в образце. Обратное рассеяние бета-излучения от подложки образца и кюветы. Учет схемы распада радионуклида и статистических погрешностей измерений. Учет факторов, влияющих на результаты абсолютных измерений, в зависимости от толщины образца. Тонкослойные и толстослойные образцы. Метод "бесконечно толстых" образцов.

**1.11.3. Относительные измерения активности.** Условия стандартизации. Факторы, которые необходимо учитывать при относительных измерениях. Коэффициент эффективности счета. Метод сравнения со стандартным (эталонным) образцом известной активности. Использование метода "бесконечно толстых" образцов для относительных измерений.

## **1.12. СПЕКТРОМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**1.12.1. Основные понятия спектрометрии.** Блок схема современного спектрометра. Особенности регистрации гамма-излучения.

**1.12.2. Спектрометрия цезия-137 и стронция-90.** Характеристика гамма-спектра. Пик полного поглощения. Энергетическое разрешение. Пик суммирования. Классический метод обработки гамма-спектров. Генераторный метод обработки стинтилляционных гамма-спектров. Спектрометрия стронция-90. Прямые измерения, преимущества и недостатки. Принцип регистрации спектров бета-излучения. Аппаратурный и матричный методы.

## **1.13. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

**1.13.1. Типы радиоактивных источников.** Тонкие источники.

Толстые источники. Промежуточные источники.

**1.13.2. Приготовление бета-источников.** Приготовление тонких бета-источников. Приготовление промежуточных бета-источников. Приготовление толстых бета-источников.

**1.13.3. Приготовление гамма-источников.** Жидкие гамма-источники. Насыпные гамма-источники.

## **РАЗДЕЛ 2. ДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**Задачи дозиметрии. Систематика задач дозиметрии.**

### **2.1. ПОЛЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

**2.1.1. Основные типы полей ионизирующего излучения.** Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение, понятие поля излучения, моноэнергетическое и немонаэнергетическое излучение. Направленное и ненаправленное излучение, изотропное излучение. Смешанное излучение. Непрерывное и импульсное излучение.

**2.1.2. Основные единицы измерения поля излучения.** Основные характеристики поля излучения. Флюенс, плотность потока частиц, единицы измерения. Поток энергии излучения, интенсивность излучения, единицы измерения, доза излучения.

**2.1.3. Векторные и скалярные характеристики поля излучения.** Результирующий флюенс от двух источников. Полное представление о поле излучения в пространстве, пространственно-энергетическое угловое распределение плотности потока частиц или квантов.

### **2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**2.2.1. Типы радионуклидных источников.** Понятие радионуклидного источника излучения. Источник радионуклидный открытый. Источник радионуклидный закрытый. Точечный источник излучения, точечный мононаправленный источник излучения, точечный изотропный моноэнергетический источник, точечный косинусоидальный моноэнергетический источник излучения. Плоский мононаправленный моноэнергетический источник излучения, плоский изотропный моноэнергетический источник излучения, плоский косинусоидальный моноэнергетический источник излучения.

**2.2.2. Геометрия узкого и широкого пучка фотонного излуче-**

**ния.** Понятие узкого пучка излучения «хорошая геометрия». Понятие широкого пучка излучения «плохая геометрия». Поле излучения точечных и протяженных источников за защитой. Излучение поверхностных и объемных источников.

### **2.3. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОСЛАБЛЕНИЯ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**2.3.1. Интенсивность излучения точечного изотропного моноэнергетического источника.** Понятие точечного источника. Изменение интенсивности излучения в зависимости от расстояния до источника. Закон обратных квадратов.

**2.3.2. Ослабление потока фотонного излучения.** Интенсивность излучения в точке без поглотителя и с поглотителем. Линейный коэффициент ослабления, массовый коэффициент ослабления, слой половинного ослабления, слой десятикратного ослабления, единицы измерения. Кратность ослабления, принцип расчета.

### **2. 4. ДОЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ**

**2.4.1. Экспозиционная доза и ее мощность.** Условие электронного равновесия. Эффективный атомный номер вещества. Связь между дозой и энергией гамма-излучения преобразованной в энергию вторичных электронов, энергетические эквиваленты рентгена. Экспозиционная доза и ее мощность, единицы измерения. Уровень радиации, единицы измерения, правила измерения. Связь между мощностью дозы и интенсивностью гамма-излучения.

**2.4.2. Поглощенная доза и ее мощность.** Поглощенная доза и потерянная энергия в различных средах. Мощность поглощенной дозы. Единицы измерения поглощенной дозы и ее мощности. Соотношение между поглощенной и экспозиционной дозой для различных сред. Распределение поглощенной дозы по глубине поглощающего материала.

**2.4.3. Керма и ее мощность.** Понятие кермы. Единицы измерения кермы и ее мощности. Связь между кермой и поглощенной дозой. Керма в воздухе и в мягких тканях. Керма-постоянная и керма-эквивалент радионуклидного источника, единицы измерения. Грамм-эквивалент и миллиграмм-эквивалент радия, единицы измерения.

**2.4.4. Биологическое действие ионизирующего излучения.** Радиобиологический эффект. Радиочувствительность биологических

объектов Радиационный риск. Радиационный риск в ряду рисков. Концепция приемлемого риска. Зависимость доза–эффект в радиобиологии, концепция безпороговой линейной зависимости доза–эффект. Линейная плотность передачи энергии (ЛПЭ), единица измерения. Понятия относительной биологической эффективности, коэффициента качества излучения. Влияние малых и средних доз радиации на здоровье человека. Хроническое облучение в малых дозах.

**2.4.5. Эквидозиметрия ионизирующего излучения.** Рекомендации Международной Комиссии по Радиологической защите (МКРЗ). Эквивалентная доза и ее мощность, единицы измерения. Эквивалент дозы, мощность эквивалента дозы. Соотношение между поглощенной и эквивалентной дозой для мягких тканей человека. Эффективная доза, единицы измерения. Номинальные коэффициенты радиационного риска. Коллективная эффективная эквивалентная доза, ожидаемая коллективная эффективная эквивалентная доза, единицы измерения. Полуэквивалентная доза.

**2.4.6. Современная система дозиметрических величин.** Базовые, нормируемые и рабочие величины. Эквивалент дозы. Шаровой фантом МКРЕ. Эквивалент индивидуальной, амбиентной и направленной дозы

## **2.5. ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДОЗИМЕТРОВ**

**2.5.1. Ионизационный метод в дозиметрии.** Понятие о детекторе в дозиметрии и основные требования, предъявляемые к ним. Основные характеристики детекторов в дозиметрии, «ход с жесткостью». Устройство и принцип работы ионизационной камеры в дозиметрии, преимущества и недостатки метода. Интегрирующие ионизационные камеры. Стеночные и безстеночные ионизационные камеры. Газоразрядные счетчики в дозиметрии, преимущества и недостатки.

**2.5.2. Фотографический метод в дозиметрии.** Основы фотографического метода в дозиметрии. Чувствительность, оптическая плотность, сенситометрическая характеристика фотодозиметра. «Ход с жесткостью» фотодозиметра, выравнивающие фильтры. Контрольные и эталонные пленки. Устройство и принцип работы фотоэлектрического денситометра. Преимущества и недостатки фотографического метода в дозиметрии.

**2.5.3. Фотолюминесцентный метод в дозиметрии.** Люминесцентный метод в дозиметрии (принцип метода). Фотолюминесценция. Типовая конструкция фотолюминесцентного дозиметра, преимущества и

недостатки. Фоновая люминесценция.

**2.5.4. Термолюминесцентный метод в дозиметрии.** Термолюминофор (фосфор). Механизм термолюминесценции, основные методы. Кривая термовысвечивания. Блок-схема прибора для снятия дозы с ТЛД.

**2.5.5. Химический метод в дозиметрии.** Принцип метода, используемого для изготовления химических дозиметров. Жидкие химические дозиметры, принцип работы. Газообразные дозиметры. Твердотельные дозиметры. Поливинилхлоридные пленки с красителем, устройство, принцип работы, области применения. Индикаторные дозиметры. Стекланные дозиметры, блок-схема прибора для снятия дозы.

**2.5.6. Кристаллические детекторы в дозиметрии.** Сцинтилляционный метод дозиметрии фотонного излучения, принцип метода. Особенности применения сцинтилляторов в дозиметрии. Токовый режим сцинтилляционного дозиметра. Особенности применения полупроводниковых детекторов в дозиметрии. Калориметрический метод дозиметрии, области применения метода.

## **2.6. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**2.6.1. Нормативные документы при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения.** Рекомендации Международной Комиссии по Радиологической защите (МКРЗ). Закон о радиационной безопасности. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2002). Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002). Принципы нормирования в области радиационной безопасности. Основные пределы доз. Нормативы установленные для персонала и населения. Уровень вмешательства. Система контрольных уровней, допустимые уровни, рабочие контрольные уровни. Работа с открытыми радионуклидными источниками, классы работ. Радиационный контроль и учет радионуклидных источников.

**2.6.2. Естественные и искусственные источники радиации и загрязнения окружающей среды.** Структура доз за год от естественных источников радиации. Структура доз за год от искусственных источников радиации и степень их воздействия на организм человека. Контроль и учет индивидуальных доз, обусловленных естественным и техногенным фоном. Проведение индивидуального дозиметрического контроля. Контроль внутреннего облучения, этапы контроля. Оценка годовой индивидуальной дозы.

**2.6.3. Дозовые нагрузки при внешнем и внутреннем облучении.** Внешнее облучение. Локальное облучение. Хроническое облучение, острое и дробное. Контактное облучение. Внутренне облучение. Радиоактивные аэрозоли и газы. Инкорпорированные радионуклиды. Расчет тканевых доз в органах и в организме человека (методики). Принцип обследования на счетчиках излучений человека. Медицинские процедуры и типичные дозовые нагрузки. Примерные дозы облучения при проведении рентгеновских снимков с диагностическими целями. Вероятные результаты воздействия однократных общих облучений человека фотонным излучением.

## **2.7. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЯ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАЩИТНЫХ СРЕДАХ**

**2.7.1. Факторы накопления.** Числовые, энергетические дозовые факторы накопления. Спектрально-угловое распределение интенсивности излучения.

**2.7.2. Альbedo гамма-лучей.** Основные варианты решения задач. Дифференциальное альbedo тонкого луча. Факторы, влияющие на величину альbedo, рассеивающие пятно.

## **2.8. ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**2.8.1. Области применения методов дозиметрии.** Индивидуальная дозиметрия. Дозиметрия в радиобиологии. Радиотерапия и радиодиагностика. Дозиметрия в радиационной технике.

**2.8.2. Классификация защит.** Понятие защиты и ее назначение. Классификация защит по назначению, типу, компоновке, форме, геометрии. Физические методы защиты источников ионизирующих излучений.

**2.8.3. Методы расчета защит от ионизирующего излучения.** Методы и средства индивидуальной защиты. Методы расчета биологических защит от точечных и протяженных источников. Расчет защит от альфа и бета-излучений. Расчет защит от фотонного и нейтронного излучения. Защита временем и расстоянием, химический метод, радиопротекторы. Основы противорадиационного питания.

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ занятия	Темы лабораторных занятий
<b>Темы лабораторных занятий по радиометрии</b>	
1	Устройство и принцип работы радиометрических приборов.
2	Изучение статистического характера закона радиоактивного распада
3	Статистическая обработка результатов радиометрических измерений
4	Определение счетной характеристики газоразрядного счетчика.
5	Определение мертвого времени газоразрядного счетчика
6	Влияние геометрического фактора на регистрацию бета-излучения
7	Самопоглощение бета-излучения в образце
8	Изучение обратного рассеяния бета-излучения от подложки образца
9	Определение абсолютной активности тонкослойного стронций- иттриевого источника относительным методом
10	Определение удельной активности продуктов питания и кормов на однокристалльном сцинтилляционном гамма-спектрометре РКГ-01
11	Определение удельной активности продуктов питания и кормов на гамма-спектрометре МКС-1315
12	Определение удельной активности продуктов питания и кормов на гамма-спектрометре РКГ-АТ1320
13	Определение естественной радиоактивности строительных материалов
<b>Темы лабораторных занятий по дозиметрии</b>	
14	Устройство и принцип работы дозиметрических приборов
15	Измерение дозы и мощности дозы дозиметрическими приборами
16	Устройство и принцип работы индивидуальных дозиметров
17	Технологическая дозиметрия
18	Определение радиоактивной загрязненности поверхностей методом мазков
19	Решение расчетно-практических задач по методу мазков
20	Дозиметрия радиоактивных аэрозолей и газов
21	Определение радиоактивной загрязненности поверхностей дозиметрическими приборами
22	Проверка и градуировка дозиметрических приборов
23	Определение глубинной дозы в тканезквивалентном материале
24	Определение дозы облучения человека с помощью термомюлюминесцентного дозиметра
25	Расчет доз облучения от радона и его дочерних продуктов распада
26	Изучение методик обследования жилых и производственных зданий на содержание радона и его ДПР
27	Расчет биологической защиты от альфа- и бета-излучения
28	Расчет биологической защиты от фотонных видов излучений
29	Изучение норм радиационной безопасности НРБ-2000
30	Изучение основных санитарных правил ОСП-2002

## **4.2. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РАДИОМЕТРИЯ и ДОЗИМЕТРИЯ»**

1. Изучение статистического характера закона радиоактивного распада.
2. Характеристика основных методов измерения активности нуклидов.
3. Определение активности радиоактивного образца и стандартного отклонения.
4. Определение активности радиоактивного образца относительным методом
5. Измерение фона и способы его снижения.
6. Устройство и принцип работы торцового газоразрядного счетчика типа СИ-3Б.
7. Устройство и принцип работы торцового газоразрядного счетчика типа МСТ-17.
8. Устройство и принцип работы цилиндрического газоразрядного счетчика типа СТС-6.
9. Устройство и принцип работы цилиндрического газоразрядного счетчика типа МС-7.
10. Устройство и принцип работы органических сцинтилляторов.
11. Устройство и принцип работы неорганических сцинтилляторов.
12. Определение мертвого времени торцового газоразрядного счетчика СИ-3Б.
13. Определение мертвого времени торцового газоразрядного счетчика МСТ-17.
14. Определение мертвого времени цилиндрического газоразрядного счетчика типа СТС-6.
15. Определение мертвого времени цилиндрического газоразрядного счетчика типа МС-7.
16. Поверка и градуировка альфа-радиометров.
17. Поверка и градуировка бета- радиометров.
18. Поверка и градуировка гамма- радиометров.
19. Изготовление эталонных и контрольных источников.
20. Поверка эталонных и контрольных источников.
21. Анализ вольт-амперной характеристики газового разряда.
22. Определение периода полураспада долгоживущих радионуклидов.
23. Определение периода полураспада короткоживущих радионуклидов.
24. Определение естественной радиоактивности строительных ма-

териалов.

25. Определение концентрации радона в воздухе помещений и стройплощадках.

26. Определение концентрации дочерних продуктов распада радона в воздухе помещений.

27. Анализ эффективности регистрации различных видов ионизирующих излучений газоразрядными торцовыми счетчиками.

28. Анализ эффективности регистрации различных видов ионизирующих излучений газоразрядными цилиндрическими счетчиками.

29. Анализ эффективности регистрации бета-излучения газоразрядными счетчиками различных типов.

30. Устройство и принцип работы сцинтилляционных счетчиков.

31. Сравнительный анализ характеристик детекторов различных типов.

32. Низкофоновая радиометрия.

33. Самоослабление бета-излучения в радиоактивном образце.

34. Влияние геометрического фактора на регистрацию бета-излучения.

35. Определение максимальной энергии бета-спектра методом полного поглощения.

36. Устройство и принцип работы радиометрических приборов.

37. Устройство и принцип работы бета-гамма спектрометра МКС-АТ1315.

38. Устройство и принцип работы радиоизотопных приборов.

39. Устройство и принцип работы радиометра КРВП-3АБ

40. Измерение активности радиоактивного образца и расчет средней квадратичной погрешности результата измерений.

41. Устройство и принцип работы гамма-спектрометра РКГ-01 «Алиот».

42. Устройство и принцип работы фотоэлектронного умножителя.

43. Спектрометрический метод определения активности нуклида в гамма-источнике.

44. Устройство и принцип работы токовых ионизационных камер.

45. Устройство и принцип работы импульсных ионизационных камер.

46. Определение объемной активности радона в водных объектах.

47. Определение содержания стронция-90 в объектах окружающей среды.

48. Абсолютные измерения активности нуклидов в бета-источниках.

49. Устройство и принцип работы пропорциональных счетчиков.
50. Спектрометрическое определение К-40 и Cs-137 в объектах окружающей среды.
51. Методы определения содержания радона на строительных площадках.
52. Ионизационный метод регистрации ионизирующих излучений.
53. Спектрометрия нейтронов газоразрядными счетчиками.
54. Устройство и принцип работы кристаллических детекторов.
55. Устройство и принцип работы трековых детекторов.
56. Полупроводниковая альфа-спектрометрия.
57. Гамма спектрометрические методы определения содержания радиоактивных веществ в пробах окружающей среды.
58. Бета- спектрометрия.
59. Практическая гамма-спектрометрия.
60. Минимальная измеряемая активность в радиометрии.
61. Определение плотности потока радона с помощью накопительных камер.
62. Определение содержания радионуклидов в пробах аэрозолей и выпадениях гамма-спектрометрическим методом.
63. Спектрометрия нейтронов.
65. Спектрометрия гамма-излучения.
66. Методы абсолютных измерений активности источников гамма и нейтронного излучений.
67. Твердотельные диэлектрические детекторы.
68. Искровые детекторы заряженных частиц.
69. Основные типы трековых детекторов.
70. Анализ временного и энергетического разрешений полупроводникового детектора.
71. Устройство и принцип работы полупроводниковых детекторов.
72. Физические основы работы детекторов ионизирующих излучений.
73. Устройство и принцип работы радиометра РКГ-АТ1320.
74. Спектрометрическое определение гамма- излучающих радионуклидов в теле человека.

### **4.3. ЛИТЕРАТУРА**

#### **Основная**

1. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 488.
2. Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной

- радиологии. М.: Агропромиздат, 1991.
3. Иванов В.И. Курс дозиметрии. М.: Энергоатомиздат, 1978.
  4. Левин В.Е., Хамьянов Л.П. Регистрация ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1973.
  5. Максимов М.Т., Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учеб. пособие: - М.: Энергоатомиздат, 1989.
  6. Детекторы элементарных частиц //Экспериментальные методы ядерной физики. М., 1966.
  7. Измерение активности источников бета- и гамма-излучения В.Бочкарев, И.Кеирим-Маркус, М.Львова, Я.Пруслин. - М.: Изд-во АН СССР, 1953.
  8. Караваев Ф.М. Измерения активности нуклидов.- М.: Изд-во стандартов, 1972.
  9. Медведев М.Н. Сцинтилляционные детекторы. - М.: Атомиздат, 1977.
  10. Голубев Б. П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. Учебное пособие для вузов. Изд. 2. М., Атомиздат, 1970.
  11. Доклад 33 МКРЕ. Радиационные величины и единицы: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1985.
  12. Закон Республики Беларусь от 5 января 1998 г. N 122-3 «О радиационной безопасности».
  13. Машкович В. П. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: – Энергоатомиздат, 1982.
  14. Нормы радиационной безопасности (НРБ -2000). – Мн.: УП «Диэкокс», 2001.
  15. «Радиационная безопасность». Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Пределы годового поступления радионуклидов в организм работающих, основанные на рекомендациях 1990 года. Публикации 60, часть 1, 61 МКРЗ. пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1994.
  16. «Радиационная безопасность». Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 МКРЗ, часть 2. Москва.: Энергоатомиздат, 1994.
  17. Радиационная защита. Рекомендации МКРЗ. Публикация 26. М., Атомиздат, 1978.
  18. Санитарные правила и нормы. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)». ОСП-2002.

### **Дополнительная**

1. Аглинцев К.К. Дозиметрия ионизирующих излучений. М.: Гостехиздат, 1957.
2. Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия. /Под ред. К.Зигбана. М.: Атомиздат, 1969.
3. Алексахин Р.М. Основы сельскохозяйственной радиологии. Урожай, 1988.

4. Баранов В.И. Радиометрия. М.: Изд-во АН СССР, 1953.
5. Бударков В.А., Киршин В.А., Антоненко А.Е. Радиобиологический справочник. – Мн.: Ураджай, 1992.
6. Ваганов П.А., Ядерный риск: Учеб. пособие. – С-Пб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 1997.
7. Вартанов Н. А., Самойлов П.С. Прикладная сцинтилляционная гамма-спектрометрия. – М.: Атомиздат, 1975.
8. Гусев Н.Г. Справочник по радиоактивным излучениям и защите.-М.:Медгиз, 1956.
9. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности.- М.: Энергоатомиздат, 1991.
10. Левин В.Е., Хамьянов Л.П. Измерение ядерных излучений.- М.: Атомиздат, 1969.
11. Основы сельскохозяйственной радиологии /Б.С.Пристер, Н.А. Лощилова, О.Ф.Немец, В.А.Поярков. – Киев: Урожай, 1988.
12. Рачинский В.В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. - М.: Атомиздат, 1978.
13. Савенко В.С. Радиоэкология: Учеб. пособие для студентов вузов – Мн.: Дизайн Про, 1997.
14. Савостенко В.А. Практикум по радиационной безопасности: учеб. пособие. Гомель: БГУТ, 1994.
15. Сборник радиохимических и дозиметрических методик /Под ред. Н.Г.Гусева и др. - М.: Медгиз, 1959.
16. Защитное оборудование. Каталог. Атомиздат. М. 1964.
17. Журналы «АНРИ» М. 1993-2002.
18. Основы сельскохозяйственной радиологии. Б.С. Пристер. Урожай, 1987.
19. Прикладная радиобиология. Кузин А.М., Каушанский Д.А. М. Энергоатомиздат. 1981.
20. Радиобиология. Белов А.Р. Москва, Колос, 1999.
21. Радиация. Дозы, эффект, риск. Мир. 1990.
22. Санитарные правила устройства и эксплуатации радиоизотопных приборов. М. Атомиздат, 1980.
23. Саламатов И.И. Применение мощных источников гамма-излучения в народном хозяйстве Белорусии. Минск «Наука и техника». 1980.
24. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. В.И. Иванов, В.П. Машкович. М. Атомиздат, 1973.
25. Чернуха Г.А. Радиационная безопасность: учеб. пособие /Г.А.Чернуха, Н.В. Лазаревич, Т.В. Лаломова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006.

#### **4.4. Методы (технологии) обучения**

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины являются:

– элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях);

– элементы учебно-исследовательской деятельности, осуществление творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях и самостоятельной работе;

– элементы приобретения производственных навыков и закрепления знаний, приобретенных в процессе теоретического обучения, реализуемые при прохождении учебных и производственных практик.

#### **4.5. Организация самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

– самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории, во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

– самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных заданий с консультациями преподавателя;

– подготовка к сдаче модулей, зачета и экзамена;

– сбор информации для написания дипломной работы, анализ полученных данных и их сравнительная оценка, подбор и анализ литературы по теме дипломной работы.

#### **4.6. Диагностика компетенций студента**

Оценка учебных достижений студента на зачете, экзамене и при сдаче модулей проводится по десятибалльной шкале.

Оценка промежуточных учебных достижений студентов осуществляется в соответствии с избранной кафедрой шкалой оценок (десятибалльной, стобалльной и др.).

Для контроля качества образования используются следующие средства диагностики:

– тесты по отдельным разделам и дисциплине в целом;

– устный опрос во время занятий;

– проведение модулей;

– составление рефератов по отдельным разделам дисциплины;

– выступление студентов по разработанным ими темам;

– защита отчетов по учебным практикам;

– курсовая работа;

– зачет и экзамен;

– проверка остаточных знаний (компьютерное тестирование);

– государственный экзамен;

– защита дипломных работ.