

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям

 О.Г. Прохоренко

«20» декабря 2022 г.

Регистрационный № УД-11327/уч.



**Современные методы радиометрического и дозиметрического контроля**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

1-100 80 01 Ядерная и радиационная безопасность

**Профилизация:**

Радиационная защита и культура ядерной безопасности

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-100 80 01-2022, типового учебного плана № Р-100-2-001/пр.-тип. от 09.02.2022 г. и учебного плана Р 100-177/уч. от 22.02.2022 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

И.М.Кимленко, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета, кандидат химических наук, доцент;

В.С.Кособуцкий, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета, кандидат химических наук, доцент;

С.Л.Лейнова, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета, кандидат химических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

О.М.Жукова, старший научный сотрудник лаборатории радиационной безопасности Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 12.12.2022 г.)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 15.12.2022 г.)

Зав. кафедрой



Р.Л. Свердлов

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**Цель** дисциплины – формирование у студентов целостной системы знаний о методах измерения радиоактивности и принципах организации радиационного контроля, а также навыков практической работы с различными типами спектрометров и радиометров.

### **Задачи** дисциплины:

- дать информацию об основных методах измерения ионизирующих излучений с использованием газонаполненных, полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов;
- рассмотреть требования, предъявляемые к организации радиационного контроля;
- ознакомить студентов с особенностями измерения низкого содержания радионуклидов в природных и промышленных объектах;
- рассмотреть современные подходы к использованию радиометрических и радиохимических методик, включая проведение паспортизации радиоактивных отходов, решение проблемы незаконного оборота ядерных и радиоактивных материалов (ядерную криминалистику).

Курс структурно разделен на два раздела, которые отражают его внутреннюю логику и включают отдельные темы физики излучений, радиохимии, радиационной защиты.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Научные принципы и методы радиометрии и дозиметрии» компонента учреждения высшего образования.

Данный курс связан с такими дисциплинами как «Инновационные технологии в ядерной и радиохимии», «Лабораторный спецпрактикум по модулю «Научные принципы и методы радиометрии и дозиметрии».

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Современные методы радиометрического и дозиметрического контроля» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

#### ***универсальных компетенций:***

УК-1. Применять методы научного познания в исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи.

УК-4. Быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности.

***углубленных профессиональных компетенций:***

УПК-4. Анализировать ядерные, термические и радиохимические процессы, протекающие на атомных электростанциях, осуществлять их моделирование и давать рекомендации по оптимизации этих процессов с целью повышения уровня эффективности и безопасности.

***специальных компетенций:***

СК-3. Вырабатывать рекомендации дозиметрического, радиометрического и экологического контроля в целях обеспечения безопасности человека и окружающей среды.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- принципы действия, назначение и возможности газонаполненных, полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов;
- современные радиометрические приборы и области их использования;
- особенности проведения радиохимического анализа при определении содержания основных дозообразующих радионуклидов в образцах различной природы;
- методы разрушающего и неразрушающего контроля при паспортизации РАО;
- роль радиометрии в ядерной криминалистике.

**уметь:**

- осуществлять подбор детектора, измерительной аппаратуры в зависимости от цели эксперимента и характеристик радиоактивного препарата;
- определять основные характеристики дозиметрической и радиометрической аппаратуры;
- проводить измерения радиоактивности методом сравнения с образцовым источником, а также по известному значению коэффициента регистрации;
- самостоятельно осмыслить применение методов регистрации ионизирующих излучений, не рассмотренных в рамках дисциплины.

**владеть:**

- методами обнаружения и регистрации ионизирующих излучений;
- методологией оценки погрешностей радиометрических измерений;
- принципами проведения паспортизации радиоактивных отходов для их эффективного использования в своей профессиональной деятельности;
- подходами, используемыми в ядерной криминалистике, для определения характеристик ядерных материалов;
- навыками оценки и прогнозирования радиационной обстановки в целях обеспечения безопасности населения и окружающей среды.

### **Структура учебной дисциплины**

Дисциплина преподается во втором семестре. Общее количество часов для изучения дисциплины – 90, в том числе аудиторных часов – 36, из них: лекции – 22 часа, практические занятия – 4 часа, семинарские занятия – 6 часов, УСР – 4 часа.

Форма получения первой ступени высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

Количество зачетных единиц – 3.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Раздел 1. Принципы и методы регистрации ионизирующих излучений

#### Тема 1.1. Особенности взаимодействия ионизирующих излучений с веществом. Дозы излучения

Виды ионизирующих излучений. Проникающая способность. Переданная энергия. Дозы излучения: экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная, коллективная, ожидаемая, генетически значимая доза. Мощность дозы. Единицы измерения и соотношения единиц. Индивидуальный дозиметрический контроль — области приложения и используемые методики. Принципы расчета доз внешнего и внутреннего облучения.

#### Тема 1.2. Задачи дозиметрии и радиометрии

Связь между радиометрическими и дозиметрическими величинами. Цели и задачи дозиметрии. Особенности радиометрии. Основные радиометрические величины. Классификация методов регистрации ионизирующих излучений. Абсолютные и относительные методы, физические и химические методы. Фотографический метод.

Классификация детекторов. Общая блок-схема прибора для регистрации ионизирующих излучений. Классификация приборов, их назначение и основные характеристики. Минимальная детектируемая активность: критический уровень, предел детектирования, предел количественного определения.

#### Тема 1.3. Сцинтилляционный и люминесцентные методы регистрации ионизирующих излучений

Средняя энергия фотообразования. Люминесцентные методы дозиметрии. Радиофотолюминесцентные и радиотермолюминесцентные детекторы. Термолюминесцентные дозиметры (ТЛД). Сущность метода. Спектр электронно-дырочных центров, кривая термовысвечивания. Светосумма. Функции накопления и удержания дозиметрической информации. Фединг. Основные типы ТЛД, область применения, достоинства и недостатки.

Сцинтилляционные детекторы. Основные характеристики и требования, предъявляемые к сцинтилляторам. Неорганические, органические сцинтилляторы, сцинтиллирующие газы и жидкости, пластмассовые сцинтилляторы: сравнительная характеристика и эффективность к различным излучениям. Нанокристаллические сцинтилляторы и перспективы их практического применения.

#### **Тема 1.4. Ионизационный метод регистрации ионизирующих излучений**

Электронное равновесие. Соотношение Брегга-Грея. Обобщенная теория ионизации в полости. Средняя энергия ионизации воздуха. Эффективный атомный номер стенки и полости. Свободно-воздушная, полостная, наперстковая ионизационные камеры. Вольт-амперная характеристика ионизационных камер. Универсальная характеристика ионизационной камеры. Конденсаторная ионизационная камера. Жидкостные ионизационные камеры.

Газоразрядные счетчики. Механизм газового разряда в пропорциональном счетчике. Принцип гашения послеразрядов. Использование пропорционального счетчика для спектрометрии заряженных частиц и характеристического рентгеновского излучения. Сканеры ИСО. Несамогасящиеся и самогасящиеся счетчики Гейгера-Мюллера. Галогенные счетчики. Эффективность счетчиков к регистрации различных видов излучения.

#### **Тема 1.5. Полупроводниковые детекторы**

Принцип действия. Основные характеристики и параметры ППД. Требования к чистоте полупроводниковых материалов. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Образование n-p перехода. Конструкция полупроводниковых детекторов, требования к температурному режиму работы. Особенности и типы полупроводниковых детекторов. Поверхностно-барьерные, диффузионные и диффузионно-дрейфовые детекторы. Эффективность ППД к различным видам излучений. Применение в спектрометрии. Детекторы на основе особо чистого германия (ОЧГ). Возможности ОЧГ спектрометрии.

#### **Тема 1.6. Радиографический метод обнаружения радионуклидов**

Особенности радиографического метода и его использование для определения распределения радионуклидов в образцах различной природы. Определение содержания радиоактивных частиц в почвах на различных расстояниях от ЧАЭС. Идентификация радиоактивных частиц в различных биологических объектах. Извлечение радиоактивных частиц из почвенных образцов.

### **Раздел 2. Практические вопросы радиационного контроля объектов окружающей среды**

#### **Тема 2.1. Особенности работы в радиохимической лаборатории**

Отличие радиометрических и радиохимических методов исследований. Основные задачи радиохимической лаборатории. Принципы отбора и подготовки проб для радиометрических и радиохимических исследований. Работа с изотопными и неизотопными носителями. Внесение метки.

Определение содержания радионуклидов в образцах почвы и растительности методом гамма- и бета-радиометрии. Определение суммарной  $\beta$ -активности образцов методом толстого слоя. Оценка биологической доступности  $\beta$ -излучающих радионуклидов. Определение суммарной  $\beta$ -активности образцов методом тонкого слоя.

### **Тема 2.2. Стронций-90 и цезий-137 в объектах окружающей среды**

Радиохимическое определение стронция-90 по дочернему изотопу иттрия-90 (почва). Сухое озоление (минерализация). Получение кислотной вытяжки. Разделение стронция и иттрия. Выделение стронция. Накопление иттрия. Осаждение иттрия и получение измерительной мишени. Определение химического выхода стронция и химического выхода иттрия. Измерение бета-активности образцов. Расчет активности образцов. Определение содержания цезия-137 в почвах и растениях радиохимическим методом. Осаждение с ферроцианидом. Пример оценки погрешности приготовления растворов.

### **Тема 2.3. Альфа-излучающие изотопы в объектах окружающей среды**

Методика разделения и очистки плутония и америция с помощью ионообменных смол. Разрушение анализируемой пробы. Извлечение плутония и америция из анализируемой пробы. Радиохимическое отделение плутония. Радиохимическое отделение америция. Формирование измерительных мишеней. Альфа-спектрометрическая идентификация радионуклидов. Оценка удельной активности образцов. Оценка биологической доступности плутония и америция.

Ознакомление с основными этапами методики определения содержания альфа-излучающих изотопов урана. Разрушение анализируемой пробы. Подготовка пробы к радиохимическому анализу (минерализация термической обработкой). Вскрытие пробы. Перевод урана в раствор. Выделение урана. Получение измерительных мишеней. Измерение активности изотопов урана в выделенном на мишень препарате.

### **Тема 2.4. Оценка динамики плотности загрязнения почвенного покрова после аварии на ЧАЭС**

Оценка изменения плотности загрязнения территории Беларуси, Украины, России, Западной и Восточной Европы радионуклидами после аварии на ЧАЭС. Контроль радиационного фона в местах с повышенным содержанием радионуклидов. Работа с картами. Прогноз радиационной обстановки в зонах радиоактивного загрязнения. Оценка физико-химического состояния радионуклидов.

Защитные мероприятия, направленные на снижение внешнего облучения и уменьшение попадания радионуклидов в организм. Допустимые нормы загрязнения продуктов питания, производимых на загрязненной



территории. Основные дозообразующиеся радионуклиды чернобыльского выброса. Отработка методов уменьшения поступления радионуклидов в организм с продуктами питания. Контроль радиационного фона на рабочем месте. Работа с дозиметрами.

### **Тема 2.5. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО)**

Общие принципы организации и реализации автоматизированного контроля радиационной обстановки окружающей среды в районе расположения атомных электростанций. Режимы функционирования, виды контроля, количество и месторасположение постов контроля. Принцип допустимой погрешности результатов наблюдений. АСКРО в районе расположения БелАЭС и других стран.

### **Тема 2.6. Паспортизация радиоактивных отходов**

Проблемы учета и контроля РАО. Радионуклиды, представляющие интерес при паспортизации РАО согласно МАГАТЭ. Группы РАО и реперные радионуклиды при паспортизации. Методы разрушающего и неразрушающего контроля. Определение мощности дозы на поверхности контейнера и парциальных активностей, содержащихся в контейнере радионуклидов. Паспортизация по химическому и радиоактивному составу. Основные типы систем паспортизации. Стационарные комплексы паспортизации (сегментные гамма-сканеры разного типа) и др. Мобильный паспортизатор РАО ISO-CART.

### **Тема 2.7. Ядерная криминалистика**

Проблема незаконного оборота ядерных и радиоактивных материалов. Типовой план действий МАГАТЭ, взаимодействие различных организаций. Роль ядерной криминалистики в современном мире. Виды исследований ядерных и радиоактивных материалов. Определение типа реактора, «возраста» ядерного материала и его происхождение методами ядерной криминалистики. Перспективные направления ядерной экспертизы.



2.2	Стронций-90 и цезий-137 в объектах окружающей среды	2	2			2	Отчет по практической работе
2.3	Альфа-излучающие изотопы в объектах окружающей среды	2	2			2	Отчет по практической работе
2.4	Оценка динамики плотности загрязнения почвенного покрова после аварии на ЧАЭС	2	2			2	Диалог вопрос-ответ
2.5	Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО)	2					Реферат
2.6	Паспортизация радиоактивных отходов	2					Экспресс-опрос
2.7	Ядерная криминалистика	2					Эвристический диалог
	Итого	22	4	6		4	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы:

1. Будыка А.К. Спектрометрия ионизирующих излучений. Гамма-спектрометрия. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2021. – 223 с.
2. Малахов Д.В., Емельянов А.М., Карпухин М.М., Липатов Д.Н., Агапкина Г.И., Мамихин С.В. Методы изучения форм нахождения радионуклидов в почвах. – Радиационная биология. Радиоэкология. – 2019, т.59. – С. 410–418.
3. Регистрация ионизирующих излучений : учебное пособие / И.Р. Гулаков. – Минск : Вышэйшая школа, 2021. – 287 с.
4. Ролевич И. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : лабораторный практикум / И. В. Ролевич, Г. И. Морзак, Е. В. Зеленухо. – Минск : РИВШ, 2017.

### Перечень дополнительной литературы:

1. Автоматизированная система радиационного контроля. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.rad.org.by/articles/radiation/asrc.html](http://www.rad.org.by/articles/radiation/asrc.html)
2. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. – Москва – Минск: Фонд “Инфосфера”, НИА Природа, 2009. – 140 с. – ISBN 978-5-9562-0074-2.
3. Быховский А.В., Зараев О.М. Горячие аэрозольные частицы при техническом использовании атомной энергии. – М.: Атомиздат, 1974. – 256 с.
4. Елохин А.П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды / А. П. Елохин. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.
5. Елохин А. П. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды / А. П. Елохин. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. - 316 с.
6. Иванов В.И. Курс дозиметрии. М.: Энергоатомиздат, 1988 г., 400 с.
5. Максимов М.Т. Радиоактивные загрязнения и их измерение / М. Т. Максимов, Г. О. Оджагов. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
6. МВИ.МН 1892-2003. Методические указания определения активности  $^{90}\text{Sr}$  и трансураниевых элементов в биологических объектах. – Введ. 2003.03.05. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; – М.: БелГИМ, 2003.
7. Методические указания по определению содержания  $^{90}\text{Sr}$  в пробах почвы. – Введ. 1989.03.17. – Москва: Межведомственная комиссия по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР; М.: МКРКПСГ СССР, 1989.
8. Методические указания по определению содержания  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и растениях. – Введ. 1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР; М.: МСХ СССР, 1985.

9. МВИ.МН 1071-99. Методика определения  $^{241}\text{Am}$  в объектах окружающей среды. – Мн.: 1999.
10. МВИ. МН 1497 2001. Методики определения урана в почвах и аэрозольных фильтрах. – Минск: БелГИМ, 2001.
11. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Основные положения, экспериментальная техника и методы. М.: Наука, 1985 г, 375 с.
12. Развитие и оптимизация систем контроля атомных электростанций с ВВЭР / [авт.: В. И. Скалозубов и др.] ; под ред. В. И. Скалозубова. – Чернобыль : Ин-т проблем безопасности АЭС, 2008. – 506 с.
13. Чудновский С. М. Приборы и средства контроля за природной средой : учебное пособие / С. М. Чудновский, О. И. Лихачева. – 2-е изд. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 149 с.

## **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки**

1. Экспресс-опрос по темам «Задачи радиометрии и дозиметрии», «Ионизационный метод регистрации ионизирующих излучений», «Полупроводниковые детекторы», «Особенности работы в радиохимической лаборатории», «Паспортизация радиоактивных отходов».

2. Подготовка отчетов по практическим работам по темам «Стронций-90 и цезий-137 в объектах окружающей среды», «Альфа-излучающие изотопы в объектах окружающей среды».

3. Диалог вопрос-ответ «Особенности взаимодействия ионизирующих излучений с веществом. Дозы излучения», «Радиографический метод обнаружения радионуклидов», «Оценка динамики плотности загрязнения почвенного покрова после аварии на ЧАЭС».

4. Реферат по темам «Сцинтилляционный и люминесцентные методы регистрации ионизирующих излучений», «Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО)».

5. Эвристический диалог по теме «Ядерная криминалистика».

При оценке в формате экспресс-опроса и диалога вопрос-ответ учитывается вовлеченность студента в беседу, наличие грамотной аргументации, привлечение знаний, полученных на предыдущих занятиях.

При оценивании отчетов по практическим работам учитывается полнота и логичность, грамотность и стиль изложения, корректность оформления.

При оценивании рефератов обращается внимание на самобытность (оригинальность) созданного образовательного продукта, полноту, структуру и последовательность изложения.

При проведении эвристического диалога будет соблюдаться формат «студент-преподаватель», в котором вопрошающая доминанта принадлежит обучающемуся, а не педагогу. Будут созданы условия для горизонтальных коммуникаций студентов. Студентам будет предоставлена возможность самим оценить уровень своих компетенций и наметить самостоятельную образовательную траекторию.

Форма текущей аттестации – экзамен. Итоговая отметка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 № 189 – ОД);

3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2013).

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая отметка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование рейтинговой отметки за текущую успеваемость:

- Экспресс-опрос – 10 %;
- Выполнение практических работ – 35 %
- Ответы на семинарских занятиях – 20 %
- Рефераты – 25 %
- Эвристический диалог – 10 %

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 60 %, экзаменационной отметки – 40 %.

### **Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы студентов**

1. **Тема:** «Стронций-90 и цезий-137 в объектах окружающей среды»

*Задание 1.* Составить блок-схему определения стронция-90 в почвах по дочернему изотопу иттрия-90.

*Задание 2.* Провести расчет активности образцов почв и растительности на содержание цезия-137 и стронция-90, оценку погрешности измерений.

Форма контроля:

Отчет

2. **Тема:** «Альфа-излучающие изотопы в объектах окружающей среды»

*Задание 1.* Составить блок-схему определения плутония и америция в почвах.

*Задание 2.* Оценить биологическую доступность основных дозообразующих изотопов плутония и америция.

*Задание 3.* Провести сравнительный анализ методик определения изотопов урана, плутония и америция.

Форма контроля:

Отчет

### **Примерная тематика семинарских занятий**

1. Принципы расчета доз внешнего и внутреннего облучения.
2. Особенности радиографического метода и его использование для определения распределения радионуклидов в образцах различной природы.
3. Прогноз радиационной обстановки в зонах радиоактивного загрязнения.

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используются: *методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

*метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

*практико-ориентированный подход*, который предполагает освоение дисциплины через выполнение практических работ.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется:

1. Разработка и составления банка групповых или индивидуальных заданий; пояснение основных требований к их выполнению;
2. Использование современных информационных технологий: размещение в сетевом доступе комплекса учебных и учебно-методических материалов (программа учебной дисциплины, задания в тестовой форме, темы кратких рефератов, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Индивидуальный дозиметрический контроль — области приложения и используемые методики. Принципы расчета доз внешнего и внутреннего облучения.
2. Классификация методов регистрации ионизирующих излучений. Абсолютные и относительные методы, физические и химические методы.



3. Минимальная детектируемая активность: критический уровень, предел детектирования, предел количественного определения.
4. Люминесцентные методы дозиметрии. Радиофотолюминесцентные и радиотермолюминесцентные детекторы. Термолюминесцентные дозиметры: область применения, достоинства и недостатки.
5. Сцинтилляционные детекторы. Основные характеристики и требования, предъявляемые к сцинтилляторам. Основные типы сцинтилляторов.
6. Ионизационный метод регистрации ионизирующих излучений. Электронное равновесие. Соотношение Брега-Грея. Обобщенная теория ионизации в полости.
7. Вольт-амперная характеристика ионизационных камер. Типы ионизационных камер.
8. Газоразрядные счетчики. Механизм газового разряда в счетчике. Принцип гашения послеразрядов. Области использования газоразрядных счетчиков.
9. Основные характеристики и параметры полупроводниковых детекторов. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Образование n-p перехода. Конструкция полупроводниковых детекторов, применение в спектрометрии.
10. Особенности радиографического метода и его использование для определения распределения радионуклидов в образцах различной природы. Определение содержания радиоактивных частиц в почвах на различном расстоянии от ЧАЭС.
11. Отличие радиометрических и радиохимических методов исследований. Принципы отбора и подготовки проб для радиометрических и радиохимических исследований.
12. Определение содержания радионуклидов в образцах почвы и растительности методом гамма- и бета-радиометрии. Определение суммарной  $\beta$ -активности образцов методом толстого слоя, методом тонкого слоя.
13. Радиохимическое определение стронция-90 по дочернему изотопу иттрия-90. Разделение стронция и иттрия. Накопление иттрия. Осаждение иттрия и получение измерительной мишени. Измерение и расчет бета-активности образцов.
14. Разделение и очистка плутония и америция. Разрушение анализируемой пробы. Радиохимическое отделение плутония и америция. Формирование измерительных мишеней.
15. Определение содержания альфа-излучающих изотопов урана. Подготовка пробы к радиохимическому анализу. Выделение урана. Получение измерительных мишеней.
16. Альфа-спектрометрическая идентификация радионуклидов. Оценка удельной активности образцов.

17. Контроль радиационного фона в местах с повышенным содержанием радионуклидов. Прогноз радиационной обстановки в зонах радиоактивного загрязнения.
18. Оценка физико-химического состояния радионуклидов. Основные дозообразующиеся радионуклиды чернобыльского выброса.
19. Защитные мероприятия, направленные на снижение внешнего облучения и уменьшение попадания радионуклидов в организм. Допустимые нормы загрязнения продуктов питания, производимых на загрязненной территории.
20. Проблемы учета и контроля РАО. Методы разрушающего и неразрушающего контроля. Определение мощности дозы на поверхности контейнера и парциальных активностей, содержащихся в контейнере радионуклидов.
21. Основные типы систем паспортизации РАО. Стационарные и мобильные комплексы паспортизации РАО.
22. Роль ядерной криминалистики в современном мире. Виды исследований ядерных и радиоактивных материалов. Перспективные направления ядерной экспертизы.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Мониторинг окружающей среды и предотвращение техногенных катастроф	Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	нет	Протокол № 6 от 12.12.2022 г.

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № \_\_ от \_\_\_\_ г. )

Заведующий кафедрой  
кандидат химических наук,  
доцент \_\_\_\_\_

Р.Л. Свездлов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
доктор химических наук,  
член-корр. НАН Беларуси \_\_\_\_\_

Д.В. Свиридов