



Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 03-2021, утвержден 27.04.2022, учебных планов № G31-1-009/уч. от 25.05.2021 и № G31-1-236/уч. от 22.03.2022

**СОСТАВИТЕЛИ:**

А.Я. Малиборский, старший преподаватель кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета.

Р.Л. Свердлов, заведующий кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Л.Н. Москальчук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности УО «Белорусский государственный технологический университет», доктор технических наук, доцент.

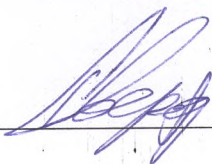
Т.А. Савицкая, профессор кафедры физической химии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 21.06.2023);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 29.06.2023)

Зав. кафедрой  
к.х.н.



Р.Л.Свердлов

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**Цель учебной дисциплины** – формирования у студентов представлений о жизненном цикле ядерного топлива, а также процессах хранения, сортировки, перевозки и переработки радиоактивных отходов.

### **Задачи данной учебной дисциплины:**

- Сформировать картину современных тенденций и перспектив развития ядерной энергетики;
- Дать представление об основных технологиях, используемых в рамках современного ядерного топливного цикла: от добычи урановой руды до захоронения радиоактивных отходов;
- Ознакомить с базовыми принципами, оборудованием и химико-технологическими процессами, лежащими в основе ядерного топливного цикла и обращения с радиоактивными отходами;
- Дать представление о типах радиоактивных отходов, методах их сбора, сортировки, переработки, хранения и захоронения.

Учебная программа учебной дисциплины «Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами» структурно разделена на два раздела, которые отражают его внутреннюю логику и включают отдельные темы радиохимии, ядерной химии, физической химии.

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

Учебная дисциплина относится к модулю «Введение в специальность» компонента учреждения высшего образования. Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей с учебными дисциплинами «Химия естественных радиоактивных элементов», «Введение в ядерную физику», «Источники ионизирующих излучений».

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Предлагать пути решения исследовательских и прикладных задач в области обращения с радиоактивными отходами.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен **знать:**

- теоретические основы и технологии добычи и обогащения урановой руды,
- методы газодиффузионного и газоцентрифужного разделения изотопов урана, а также альтернативные технологии;
- изотопный состав свежего и облученного ядерного топлива;
- способы сортировки, транспортировки и первичной переработки

радиоактивных отходов;

- методы иммобилизации радиоактивных частиц в цементные, стеклянные и битумные матрицы;
- основные требования к геологическим и инженерным барьерам при захоронении радиоактивных отходов.

***уметь:***

- применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач в области обращения с радиоактивными отходами;
- предсказывать изменения физико-химических свойств и изотопного состава ядерного топлива в условиях эксплуатации в ядерном реакторе.

***владеть:***

- теоретическими знаниями на уровне, позволяющем ему работать с источниками ионизирующего излучения, включая ядерные делящиеся материалы и радиоактивные отходы.
- навыками моделирования комплекса физико-химических свойств и изотопного состава ядерного топлива.
- Представлениями о промышленных технологиях переработки радиоактивных отходов.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

**Структура учебной дисциплины**

Общее количество часов для изучения дисциплины – 94, в том числе аудиторных часов – 36, из них: лекции – 22 часа, семинарские занятия – 10 часов, УСП – 4 часа.

Форма получения высшего образования – очная.

Трудоемкость учебной дисциплины – 3 зачетных единицы.

Форма текущей (промежуточной) аттестации по учебной дисциплине – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1. Ядерный топливный цикл

### **Тема 1.1 Вводная лекция по курсу. Определение понятия ядерный топливный цикл.**

Понятие «Ядерный топливный цикл» (ЯТЦ). Атомная энергия и ядерные реакторы. Ядерное топливо. Реакторы (техногенные и природные). Виды ядерного топлива. Особенности «сжигания» ядерного топлива.

### **Тема 1.2 Концепции ядерного топливного цикла. Добыча урановой руды и извлечение из нее урана.**

Концепции ядерного топливного цикла. Основные стадии ЯТЦ. Открытый и замкнутый ЯТЦ. Краткая история открытия урана. Содержание урана в земной коре и морской воде. Классификация урановых руд по содержанию в них урана. Рентабельность добычи урана. Страны лидеры по запасам и производству урана. Классификация способов добычи урана. Методы механического обогащения урановой руды. Выщелачивание урановых соединений из руды. Способы селективного извлечения соединений урана из кислотных или карбонатных растворов. Добыча урана из морской воды. Аффинаж уранового концентрата.

### **Тема 1.3 Изотопное обогащение урана**

Технологии изотопного обогащения урана. Эффективность и энергоемкость обогатительных технологий. Коэффициенты: разделения по обогащенной фракции, разделения по обедненной фракции, обогащения, обеднения, полного обогащения. Достоинства и недостатки гексафторида урана. Конверсия оксидов урана в гексафторид урана.

### **Тема 1.4 Фабрикация топлива и изготовление тепловыделяющих сборок.**

Виды ядерного топлива. Свойства диоксида урана. Стадии производства топливных таблеток диоксида урана. Изготовление топлива на основе металлического урана. Стадии изготовления тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок.

### **Тема 1.5 Транспортировка и хранение «свежих» и облученных тепловыделяющих сборок. Технологии перегрузки тепловыделяющих сборок.**

Топливные перегрузки. Варианты перегрузки топлива в реакторах. Технологии проведения перегрузок. Временное хранение облученных тепловыделяющих сборок. Транспортировка облученного топлива, транспортные контейнеры.

### **Тема 1.6 Переработка облученного ядерного топлива.**

Переработка облученного ядерного топлива (ОЯТ): цели, причины, требования. Классификация методов переработки ОЯТ. Водно-экстракционная технологии переработки ОЯТ (технология PUREX). Особенности переработки ОЯТ быстрых реакторов.

## **Раздел 2. Обращение с радиоактивными отходами**

**Тема 2.1 Классификация радиоактивных отходов. Нормативная база в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при обращении с радиоактивными отходами.**

Определение радиоактивных отходов (РАО). Виды РАО. Цели обращения с РАО. Стадии обращения с радиоактивными отходами. Источники радиоактивных отходов (РАО). Классификация РАО.

**Тема 2.2 Сбор, сортировка и переработка радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС, деятельности медицинских и научно-исследовательских центров.**

Начальные этапы цикла обращения с РАО. Требования к упаковкам для хранения РАО. Временное хранилище РАО. Факторы, обуславливающие выбор технологии обращения с радиоактивными отходами (РАО). Методы переработки РАО. Технология переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Способы очистки и концентрирования ЖРО. Способы очистки и концентрирования жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Стадии работ по очистке ЖРО. Источники твердых радиоактивных отходов (РАО). Цели обработки твердых радиоактивных отходов (ТРО). Способы обработки ТРО. Источники газообразных радиоактивных отходов (ГРО). Задачи системы вентиляции и газоочистки. Организация вентиляционной системы. Термические технологии обработки радиоактивных отходов (РАО). Сжигание, термохимическая обработка, плавление.

**Тема 2.3 Методы иммобилизации радиоактивных материалов в матрицы для длительного и хранения или захоронения.**

Иммобилизация РАО. Цементирование, битумирование, включение РАО в полимерную матрицу. Остекловывание радиоактивных отходов (РАО). Схема технологии остекловывания жидких радиоактивных отходов (ЖРО).

**Тема 2.4 Хранение радиоактивных материалов. Актуальные проблемы в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при работе с радиоактивными отходами.**

Обращение с отработавшими закрытыми радиоактивными источниками. Наиболее распространенные закрытые радионуклидные источники. Варианты обращения с отработавшими радионуклидными источниками.

Временное хранение радиоактивных отходов (РАО). Принципы радиологической защиты. Требования к упаковкам и хранилищам радиоактивных отходов. Основные этапы хранения отходов. Хранилища отходов, их типы. Перемещение упаковок в хранилище, загрузка и регистрация упаковок. Захоронение отходов.

**Тема 2.5 Дезактивация.**

Дезактивация (объекты, классификация загрязнений по механизму их взаимодействия с поверхностью вещества). Методы дезактивации.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические Занятия	Семинарские занятия	Лабораторные Занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Ядерный топливный цикл</b>	<b>12</b>		<b>6</b>			<b>2</b>	–
1.1	Вводная лекция по курсу. Определение понятия ядерный топливный цикл.	2						
1.2	Концепции ядерного топливного цикла. Добыча урановой руды и извлечение из нее урана.	2		2				Устный опрос
1.3	Изотопное обогащение урана.	2		2				Устный опрос
1.4	Фабрикация топлива и изготовление тепловыделяющих сборок.	2						
1.5	Транспортировка и хранение «свежих» и облученных тепловыделяющих сборок. Технологии перегрузки тепловыделяющих сборок.	2		2				Устный опрос
1.6	Переработка облученного ядерного топлива.	2					2	Контрольная работа
<b>2</b>	<b>Обращение с радиоактивными отходами</b>	<b>10</b>		<b>4</b>			<b>2</b>	–
2.1	Классификация радиоактивных отходов. Нормативная база в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при обращении с радиоактивными отходами.	2						
2.2	Сбор, сортировка и переработка радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС, деятельности медицинских и научно-исследовательских центров.	2		2				Устный опрос

2.3	Методы иммобилизации радиоактивных материалов в матрицы для длительного хранения или захоронения.	2						
2.4	Хранение радиоактивных материалов. Актуальные проблемы в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при работе с радиоактивными отходами.	2		2				Устный опрос
2.5	Дезактивация.	2					2	Контрольная работа
<b>ИТОГО</b>		<b>22</b>		<b>10</b>			<b>4</b>	–



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Рисованный, В.Д. Поглощающие материалы и органы регулирования ядерных реакторов: учебное пособие для вузов, для студ., обуч. по направлению "Ядерные физика и технологии" / В.Д. Рисованный, А.В. Захаров, Е.П. Ключков. - 2-е изд., стер. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2022. - 391 с.
2. Бекман, И.Н. Ядерные технологии: учебник для вузов / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Юрайт, 2020. - 500 с.
3. Владимиров, В.И. Физика ядерных реакторов: практические задачи по их эксплуатации / В. И. Владимиров (В.И. Дорогань). - Изд. стер. - Москва : URSS: Либроком, 2018. - 478 с.
4. Введение в технологию ядерного топлива: учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГАО УВО "Национальный исследовательский Томский политехнический университет"; сост.: А.Н. Дьяченко, И.В. Петлин, Ю.В. Передерин. - Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2023. - 159 с.
5. Основы безопасного обращения и обезвреживания радиоактивных отходов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Ядерные физика и технологии" / В.А. Апсэ [и др.]. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2019. - 112 с.

### Дополнительная литература

1. Жерин, И.И. Химия тория, урана, плутония: учебное пособие. / И.И. Жерин, Г.Н. Амелина – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 147с.
2. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения / В.И. Бойко [и др.] – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 490 с.
3. Машиностроение ядерной техники: В 2-х кн. Кн. 1. / Под общ. ред. Е.О. Адамова. – М: Машиностроение, 2005. – 960 с.
4. Машиностроение ядерной техники. В 2-х кн. Кн. 2. / Под общ. ред. Е.О. Адамова. – М: Машиностроение, 2005. – 944 с.
5. Лебедев, В.М. Ядерный топливный цикл: технологии, безопасность, экономика / В.М. Лебедев – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 316 с.
6. Обогащение урана / Под ред. С. Виллани; пер с англ. под ред. И.К. Кикоина – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
7. Андрюшин, И.А. Обзор проблем обращения с радиоактивными отходами / И.А. Андрюшин, Ю.А. Юдин - Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010. – 119 с.
8. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность / А.М. Афров [и др.] – М. : Университетская книга, Лагос, 2006. – 488с.
9. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрушечко [и др.]. - Москва: Логос, 2010. – 603 с.
10. Апсэ, В.А. Ядерные технологии: учебное пособие / В.А Апсэ, А.Н. Шмелев. - М.: МИФИ, 2008. – 128 с.

11. Громов, Б.В. Химическая технология облученного ядерного топлива: учебник для вузов / Б.В. Громов, В.И. Савельева, В.Б. Шевченко. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 352 с.
12. Скачек, М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС: учебное пособие / М.А. Скачек, – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 488 с.
13. Камнев, Е. Н. Выбор площадок для захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях / Е. Н. Камнев, В. Н. Морозов, И. Ю. Шищиц. - Москва : Горная книга, 2012. - 207 с.
14. Никифоров А.С., Куличенко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. – М.: Энергоиздат, 1985. – 184 с.
15. Ядерная энергетика. Обращение с отработанным ядерным топливом и радиоактивными отходами (обзор по материалам зарубежной и отечественной печати) / под ред. И. М. Неклюдова. – Киев: Наукова думка, 2006. – 253 с.
16. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике: учебное пособие / Н. Н. Давиденко [и др.]. – М.: МИФИ, 2007. – 136 с.
17. Ташлыков, О. Л. Ядерные технологии : учеб. пособие / О. Л. Ташлыков ; [под науч. ред. С. Е. Щеклеина] ; Уральский федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Москва : Юрайт ; Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2017. - 210 с.

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

1. Устные опросы по материалу разделов «Ядерный топливный цикл» и «Обращение с радиоактивными отходами».
2. Контрольные работы по материалу разделов «Ядерный топливный цикл» и «Обращение с радиоактивными отходами».

При оценке устного опроса учитывается вовлеченность студента в опрос, наличие грамотной аргументации, привлечение знаний, полученных в ходе предыдущих лекционных занятий.

При оценивании контрольной работы учитывается полнота и логичность ответа, грамотность и стиль изложения, корректность оформления.

### **Примерная тематика семинарских занятий**

Семинарское занятие № 1. Определение понятия ядерный топливный цикл. Добыча урановой руды и извлечение из нее урана. (2 часа).

Семинарское занятие № 2. Изотопное обогащение урана. Фабрикация топлива и изготовление тепловыделяющих сборок. (2 часа).

Семинарское занятие № 3. Транспортировка и хранение «свежих» и облученных тепловыделяющих сборок. Технологии перегрузки тепловыделяющих сборок. Переработка облученного ядерного топлива. (2 часа)

Семинарское занятие № 4. Классификация радиоактивных отходов. Сбор, сортировка и переработка радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС, деятельности медицинских и научно-исследовательских центров. (2 часа)

Семинарское занятие № 5. Методы иммобилизации радиоактивных материалов в матрицы для длительного и хранения или захоронения. Хранение радиоактивных материалов. Актуальные проблемы в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при работе с радиоактивными отходами. (2 часа)

### **Перечень контрольных мероприятий управляемой самостоятельной работы студентов**

Управляемая самостоятельная работа (УСР) проводится в форме аудиторных занятий согласно утвержденному графику. Обучающиеся выполняют комплексные контрольные работы «Ядерный топливный цикл» и «Обращение с радиоактивными отходами» по соответствующим разделам учебной программы.

Комплексные контрольные работы включают задания открытого типа, посвященные всем темам соответствующего раздела специального курса и позволяющие комплексно проконтролировать уровень подготовки каждого обучающегося и обратить внимание на отдельные темы раздела, которые вызывают затруднение или были неудовлетворительно усвоены, что обеспечивает эффективное освоение учебного материала при подготовке к текущей аттестации.

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

При организации образовательного процесса используется:

**методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма, понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

**метод учебной дискуссии**, предполагающий участие обучающихся в целенаправленном обмене мнениями, идеями по определенной проблеме для предъявления и (или) согласования существующих позиций.

## Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск и обзор литературы и электронных источников по заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- решение задач, предлагаемых на семинарских занятиях;
- подготовка к семинарским занятиям.

### Примерный перечень вопросов к зачёту

1. Дайте определение понятию «ядерный топливный цикл» (ЯТЦ)? Перечислите основные стадии ЯТЦ? Открытый и замкнутый ЯТЦ?

2. Уран. Краткая история открытия? Содержание урана в земной коре и морской воде? Классификация урановых руд по содержанию в них урана? Рентабельность добычи урана? Перечислите страны входящие в тройки лидеров по запасам и производству урана?

3. Классификация способов добычи урана, в чем их отличие? Последовательность действий при извлечении урана из рудной массы? Методы механического обогащения урановой руды?

4. Выщелачивание урановых соединений из руды? Кислотное и карбонатное выщелачивание? Способы селективного извлечения соединений урана из кислотных или карбонатных растворов (сорбция, экстракция, химическое осаждение)?

5. Подземное выщелачивание? Добыча урана из морской воды? Аффинаж уранового концентрата?

6. Технологии изотопного обогащения урана? Эффективность и энергоёмкость обогатительных технологий? Сравните эффективность (по коэффициенту разделения) и энергоёмкость существующих технологий изотопного обогащения?

7. Баланс массы урана и изотопа урана-235 при изотопном обогащении? Коэффициент: расхода природного урана на единицу продукта; образования отвалов на единицу продукта; деления потока природного урана? Относительная концентрация урана-235 в бинарной смеси: перед обогащением, на выходе продукта; на выходе отвалов? Коэффициенты: разделения по обогащенной фракции, разделения по обедненной фракции, обогащения, обеднения, полного обогащения?

8. В какой форме уран используется для обогащения? Достоинства и недостатки гексафторида урана? Конверсия оксидов урана в гексафторид урана?

9. Обогащение урана методом газовой диффузии?

10. Обогащение урана в газовых центрифугах?

11. Лазерные методы обогащения урана?

12. Виды ядерного топлива? Свойства диоксида урана? Стадии производства топливных таблеток диоксида урана?
13. Изготовление топлива на основе металлического урана? Стадии изготовления тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок?
14. Топливные перегрузки? Цели перегрузки? Однородная и неоднородная топливная загрузка? Варианты перегрузки топлива в реакторах?
15. Технология проведения перегрузок? Временное хранение облученных тепловыделяющих сборок? Транспортировка облученного топлива, транспортные контейнеры?
16. Переработка облученного ядерного топлива (ОЯТ): цели, причины, требования? Классификация методов переработки ОЯТ?
17. Водно-экстракционная технологии переработки ОЯТ (технология PUREX)?
18. Экстракционная переработка ОЯТ? Особенности переработки ОЯТ быстрых реакторов?
19. Определение радиоактивных отходов (РАО)? Виды РАО? Цели обращения с РАО? Стадии обращения с радиоактивными отходами?
20. Источники радиоактивных отходов (РАО)? Классификация РАО?
21. Начальные этапы цикла обращения с РАО? Требования к упаковкам для хранения РАО? Временное хранилище РАО?
22. Факторы, обуславливающие выбор технологии обращения с радиоактивными отходами (РАО)? Методы переработки РАО?
23. Технология переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО)? Способы очистки и концентрирования ЖРО?
24. Способы очистки и концентрирования жидких радиоактивных отходов (ЖРО)? Стадии работ по очистке ЖРО?
25. Источники твердых радиоактивных отходов (РАО)? Цели обработки твердых радиоактивных отходов (ТРО)? Способы обработки ТРО?
26. Источники газообразных радиоактивных отходов (ГРО)? Задачи системы вентиляции и газоочистки? Организация вентиляционной системы?
27. Организация вентиляционной системы при обращении с газообразными радиоактивными отходами (ГРО)? Приточная и вытяжная вентиляция?
28. Термические технологии обработки радиоактивных отходов (РАО)? Сжигание, термохимическая обработка, плавление?
29. Иммобилизация РАО? Цементирование, битумирование, включение РАО в полимерную матрицу?
30. Остекловывание радиоактивных отходов (РАО)? Схема технологии остекловывания жидких радиоактивных отходов (ЖРО)?
31. Обращение с отработавшими закрытыми радиоактивными источниками?
32. Наиболее распространенные закрытые радионуклидные источники? Группы радионуклидных источников (зарегистрированные, незарегистрированные, дефектные)? Варианты обращения с отработавшими радионуклидными источниками?

33. Временное хранение радиоактивных отходов (РАО)? Принципы радиологической защиты?

34. Требования к упаковкам и хранилищам радиоактивных отходов? Основные этапы хранения отходов?

35. Хранилища отходов, их типы? Перемещение упаковок в хранилище, загрузка и регистрация упаковок?

36. Захоронение отходов (цели, типы, требования, этапы)?

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Химия естественных радиоактивных элементов	Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	Замечаний нет	Протокол № 13 от 21.06.2023
Введение в ядерную физику		Замечаний нет	Протокол № 13 от 21.06.2023
Источники ионизирующих излучений		Замечаний нет	Протокол № 13 от 21.06.2023

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

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

Заведующий кафедрой

к.х.н.

\_\_\_\_\_ Р.Л.Свердлов

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета

к.х.н., доцент

\_\_\_\_\_ А.В.Зураев