

Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

В.В.Радыгина

2023 г.

Регистрационный № УД-24-3/58-2023 /уч.

### Радиоэкологические проблемы Беларуси

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине (по выбору студента) для специальностей:  
1-02 05 02 Физика и информатика

2023 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта высшего образования первая ступень специальность 1-02 05 02 Физика и информатика (ОСВО 1-02 5 02 - 2013); учебного плана специальности 1-02 05 02 31.05.2019 №362 2019/у Физика и информатика.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

С.А.Василевский, доцент кафедры физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», кандидат физико-математических наук, доцент;

В.Р.Соболь, заведующий кафедрой физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», доктор физико-математических наук, профессор

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кисель В.В., доцент кафедры физики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук, доцент;

Новицкий О.А., доцент кафедры биомеханики учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры», кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики и методики преподавания физики

(протокол № 4 от 29.11.2023 г.),

Заведующий кафедрой

Советом факультета

(протокол №5 от 21.12.2023 г.)

Декан физико-математического

факультета



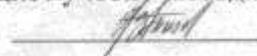
В.Р.Соболь



А.А. Францкевич

Оформление учебной программы и сопровождающих ее материалов действующим требованиям Министерства образования Республики Беларусь соответствует

Методист учебно-методического отдела



Е.В. Тихонова

Директор библиотеки



Н.П.Сятковская

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В последние десятилетия интерес к радиоэкологии, этой относительно молодой области научного знания необычайно возрос. Немалую роль в этом сыграла и Чернобыльская катастрофа, после которой пришло осознание, какая энергия, и в то же время опасность, таится в недрах атомного ядра.

Современная радиоэкология развивается на стыке многих наук. Так, ядерная физика позволяют изучать радиационные поля, т. е. распределение источников ионизирующего излучения в атмосфере, водоемах, почвах, горных породах; радиохимия - исследовать состояние радионуклидов в водных растворах, аэрозолях (определять хим. формы, степени окисления элементов и т.д.), формы, в которых происходит миграция радионуклидов в среде (истинные растворы, ультрадисперсные твердые частицы и т.д.), изменение этих форм либо при прохождении геохимических барьеров типа река-море или океан - атмосфера, либо при изменении температуры, кислотности, влажности, других факторов. Методы расчета дозы и мощности дозы ионизирующего излучения разработаны в дозиметрии.

Учебная дисциплина по выбору студента «Радиоэкологические проблемы Беларуси» построена на основе курсов дозиметрии, радиохимии и радиобиологии.

**Целью** учебной дисциплины является повышение радиационной культуры будущих педагогов, учителей физики, формирование у них представления о роли и месте физики в радиоэкологии и умения использовать полученные знания на практике, поскольку значительная часть территории нашей страны заражена радионуклидами в результате Чернобыльской катастрофы, и в стране работает АЭС.

**Задачи** учебной дисциплины:

- формирование у будущих преподавателей физики компетентных взвешенных представлений о значении ядерной энергетики для народного хозяйства любой страны и об экологическом воздействии АЭС;

- усвоение студентами правил проживания в местах, расположенных по соседству с зараженными территориями.

- изучение основ дозиметрии и овладение навыками измерения дозиметрических величин современными приборами;

- знакомство студентов с механизмом миграции радионуклидов чернобыльского происхождения в природных средах;

- изучение возможностей регулирования распространения радионуклидов на чистые территории и попадания в сельскохозяйственную продукцию;

- ознакомление с оценками воздействия на окружающую среду Белорусской АЭС.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста и связь с другими учебными дисциплинами. Учебная дисциплина «Радиоэкологические проблемы Беларуси» связана с курсом общей физики. Изложенные разделы физических основ проблем радиоэкологии

представлены в виде расширения и обобщения понятий, представлений, сформулированных в традиционных разделах курсов общей и теоретической физики. В программе предусмотрено изучение методик определения коэффициентов распределения и диффузии различных радионуклидов в почвах и грунтах, которые и определяют возможности их миграции, а, следовательно, и возможности очистки природных сред от радионуклидов.

Учебная программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика.

Требования к уровню усвоения содержания учебной дисциплины определены образовательным стандартом высшего педагогического образования первой ступени по циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, в котором указаны общенаучные умения, система предметных знаний и комплекс предметных умений.

Изучение учебной дисциплины «Радиоэкологические проблемы Беларуси» должно обеспечить формирование у студентов академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

Требования к академическим компетенциям.

Студент должен:

АК – 1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач

АК – 2. Владеть методами научно-педагогического исследования

АК – 3. Владеть исследовательскими навыками

АК – 4. Уметь работать самостоятельно

АК – 6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем

Требования к социально-личностным компетенциям.

Студент должен:

СЛК – 1. Обладать качествами гражданственности

СЛК – 2. Быть способным к социальному взаимодействию

СЛК – 3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям

СЛК – 4. Быть способным к осуществлению самообразования и самосовершенствования профессиональной деятельности

Требования к профессиональным компетенциям.

Студент должен быть способен:

ПК – 1. Управлять учебно-познавательной и учебно-исследовательской деятельностью обучающихся

ПК – 2. Использовать оптимальные методы, формы и средства обучения

ПК – 3. Организовывать и проводить учебные занятия различных видов и форм

ПК – 4. Организовывать самостоятельную работу обучающихся

В результате изучения дисциплины «Радиоэкологические проблемы Беларуси» студент должен

**знать:**

- радиационную обстановку на территории Беларуси до и после Чернобыльской катастрофы
- роль и место физики в системе знаний об экологической безопасности в процессе развития человеческого общества;
- дозиметрические величины, которые используются в радиоэкологии
- основные принципы измерения радиометрических величин;
- происхождение природной и искусственной радиоактивности;
- экспериментальные методы определения миграции радионуклидов в природных комплексах;
- влияние ионизирующего излучения на различные экосистемы и человека;
- цели и задачи современного образования в области физики и экологии, содержание учебных программ, учебников и учебных пособий.

**уметь:**

- пользоваться современными дозиметрическими приборами; определять уровень заряженности радионуклидами контрольной территории; в лабораторных условиях определять содержание радионуклидов в различных образцах;
- сравнивать дозиметрические величины, представленные в различных системах единиц измерения; переводить единицы измерения дозиметрических величин из одной системы в другую;
- пользоваться системой знаний для решения дозиметрических задач;
- проводить научно-методический анализ радиоэкологических проблем зараженной радионуклидами экосистемы.

**владеть:**

- системой знаний о понятиях, принципах, теориях, дозиметрии ионизирующих излучений;
- практическими умениями решать расчетные задачи по определению экспозиционной дозы, эффективной эквивалентной поглощенной дозы, слоя половинного поглощения;
- методами определения и расчета содержания стронция-90 в жидкостях и сыпучих телах;
- умениями применять полученные знания для описания и объяснения явлений в природе, физических свойств вещества, для понимания роли миграции радионуклидов в природных комплексах и экосистемах.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Радиоэкологические проблемы Беларуси» 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.

Форма получения образования – очная. Учебная дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре, что дает возможность опираться на сформированный

к этому времени уровень знаний студенческой аудитории в области физики. В процессе реализации данной программы используемыми формами занятий являются лекции и лабораторные занятия. На изучение учебной дисциплины « Радиоэкологические проблемы Беларуси » отведено всего 94 часов, из них – 48 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 32 часа, лабораторные занятия – 16 часов.

Методика организации и проведения внеаудиторных занятий должна базироваться на широком использовании современных технологий обучения, содействовать развитию индивидуально-творческих способностей каждого студента и приобретению навыков самостоятельной работы. По каждой теме рекомендуется проведение коллоквиума или эквивалентных контролирующих занятий, которые должны быть направлены на реализацию как контролирующего, так и обучающего факторов.

Для текущей и промежуточной аттестации студентов необходимо использовать такие формы контроля как выборочный экспресс-контроль выполнения заданий по внеаудиторной работе, проверка заполнения и ведения рабочих тетрадей, самостоятельная работа по этапам рассмотренной проблематики.

Содержание программы рассчитано на творческую взаимосвязь с другими усвоенными дисциплинами в области физики, высшей математики, информатики, предусмотренными учебным планом специальности в рамках углубленного освоения указанных курсов в предыдущих семестрах. Учебная дисциплина "Радиоэкологические проблемы Беларуси" призвана расширить и дополнить область полученных студентами знаний о возможности безопасного использования ядерной энергетики, о минимизации вредных последствий радиоактивного заражения местности.

В процессе реализации учебной программы особое место должна занимать организация учебно-исследовательской работы студентов. Эта работа должна органично включаться в образовательный процесс в сочетании со всеми видами учебных занятий.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – зачет.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. **Введение.** Атомы, ядра, излучение. Обзор основных понятий и явлений ядерной физики.

1.1. Радиоэкология как наука. Основные понятия радиоэкологии. Предмет изучения радиоэкологии. Основные разделы радиоэкологии. Общая, теоретическая и экспериментальная радиоэкология. Структура радиоэкологии. Связь радиоэкологии с экологией и другими науками о природе. Основные экологические понятия, используемые в радиоэкологии. Экологические системы.

2. **Ионизирующее излучение.** Строение атома. Стабильные и нестабильные ядра.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  –распад. Ионизирующее излучение (ИИ). Взаимодействие ИИ с веществом: Фотоэффект, эффект Комптона, упругое и неупругое рассеяние. Природная радиоактивность Семейства радиоактивных элементов и радионуклиды элементов средней части таблицы Д.И. Менделеева.

3. **Основы дозиметрии.** Понятие дозиметрической величины. Основные дозиметрические величины и единицы их измерения: активность радионуклида (беккерель, кюри), объемная, поверхностная и удельная активности образца; поток ионизирующих частиц, флюэнс, экспозиционная доза и мощность экспозиционной дозы фотонного излучения и единицы их измерения; поглощенная доза ИИ, мощность поглощенной дозы фотонного излучения и единицы их измерения; Керма, мощность Кермы и их единицы измерения; эквивалентная поглощенная доза ИИ, мощность поглощенной эквивалентной дозы ИИ и единицы их измерения, эффективная эквивалентная поглощенная доза ИИ, коллективная эффективная эквивалентная поглощенная доза ИИ. Назначение и принцип действия дозиметрических приборов. Способы измерения ионизирующих излучений и определения доз облучения. Приборы для измерения МЭД, степени загрязнённости воздуха активными газами, индивидуальных доз, поглощенных персоналом.  $\gamma$  и  $\beta$  спектрометры и радиометры – приборы для определения абсолютной активности материалов. Определение удельной и объёмной активностей «слабоактивных» образцов. Определение содержания Sr -90 в жидкостях.

4. **Радиационный фон окружающей среды. Биологические эффекты ионизирующего излучения.** Космическое излучение. Первичное космическое излучение. Космическое излучение галактического происхождения Периодические изменения солнечной активности Вторичное космическое излучение. Радиация земной коры Роль излучений в зарождении и поддержании жизни на Земле. Периоды полураспада основных радионуклидов земной коры естественный радиационный фон земной коры. Радиоактивный торий ( $^{227}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ), уран  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{226}\text{Ra}$ .

Источники поступления радона в атмосферу Земли. Удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  в строительных материалах и внешние дозовые нагрузки внутри жилья. Ионизирующие излучения искусственного происхождения. Эволюция радиационного фона под влиянием природных и антропогенных факторов. Аномальные территории повышенной естественной радиоактивности среды. Повышение радиоактивного фона окружающей среды от проведения ядерных взрывов. Радиоактивное загрязнение среды от аварий на АЭС. Острые и отдаленные последствия облучения. Детерминированные и стохастические эффекты от воздействия радионуклидов на организм человека.

**5. Использование ионизирующего излучения.** Медицина: лучевая диагностика, радиоизотопная диагностика (*in vivo*) и (*in vitro*). Промышленность. Обнаружение дефектов в промышленных изделиях. Контроль толщины различных материалов. Определение уровня жидкости в резервуарах. Синтез новых веществ: фенола из бензола; бромэтилена из этилена и бромистого водорода. Изменение структуры и свойств материалов: получение композиционных материалов (древяно-, бетоно-, стекло-, цементополимеров). Радиационная дефектоскопия. Научные исследования.

**6. Проблемы ядерной энергетики.** Типы ядерных реакторов: энергетические, экспериментальные, исследовательские. Атомные электростанции. Достоинства и недостатки атомных электростанций. Ядерный топливный цикл. Замкнутый и разомкнутый циклы. Добыча урановой руды. Изготовление уранового концентрата. Конверсия. Выпуск топлива для ядерных реакторов. «Сжигание» топлива в реакторах. Проблемы переработки отработанного топлива. Хранение и захоронение радиоактивных отходов.

**7. Испытания ядерного оружия** Основные виды ядерного оружия. Атомная бомба. Водородная бомба. Нейтронная бомба. Термоядерное оружие. Ядерные взрывы: воздушные, наземные, подземные, подводные. Испытательные ядерные полигоны: Семипалатинский полигон, Северный полигон, Невадский полигон. Последствия ядерных взрывов: световое (тепловое) излучение, ударная волна, проникающая радиация, электромагнитный импульс, загрязнение местности радионуклидами. Формирование зон загрязнения радионуклидами в результате наземных и воздушных ядерных взрывов.

**8. Ядерные аварии.** Международная шкала ядерных событий. Основная структура шкалы. Крупнейшие ядерные катастрофы, аварии, инциденты. Войсковые учения с применением ядерного оружия. Аварии на предприятиях, производящих ядерное топливо. Аварии на атомных электростанциях.

**9. Катастрофа на Чернобыльской АЭС: причины, общая характеристика, загрязнение территории Республики Беларусь**

**радионуклидами.** Причины Чернобыльской катастрофы. Хроника событий. Основные радионуклиды, накопившиеся в активной зоне реактора к моменту катастрофы. Пути поступления чернобыльских радионуклидов в окружающую среду. Загрязнение радионуклидами территории Республики Беларусь. Загрязнение территории Беларуси  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{240}\text{Pu}$ . Зона эвакуации (отчуждения). Зона первоочередного отселения Зона последующего отселения Зона с правом на отселение. Зона проживания с периодическим радиационным контролем. Загрязнение радионуклидами воздушной и водной сред. Влияние строения корневой системы растения на величину коэффициента накопления  $^{137}\text{Cs}$   $^{90}\text{Sr}$ .

**10. Миграция радионуклидов в природных комплексах и экосистемах.** Основные характеристики массопереноса и массообмена радионуклидов в природных комплексах. Коэффициенты распределения и диффузии радионуклидов и методы их определения. Влияние электролитов на коэффициенты диффузии и распределения радионуклидов в почвах. Определение коэффициентов диффузии и распределения радионуклидов. Расчеты содержания радионуклидов в образцах грунтов и почв с различной влажностью.

**11. Ликвидация последствий катастрофы на ЧАЭС.** Законы «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС» и «О правовом режиме территорий, подвергшихся загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС». Закон «О радиационной безопасности населения». Защитные мероприятия в сельском и лесном хозяйстве. Защитные меры, направленные на получение нормативно чистой продукции.

**12. Развитие ядерной энергетики в Республике Беларусь.** Требования в области охраны окружающей среды. Выбор типа реактора АЭС. Основные критерии и принципы безопасности. Генеральный план Белорусской АЭС.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

№№ раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Дисциплина по выбору “Радиоэкологические проблемы Беларуси”</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>46</b>			
1	<b>Введение:</b> атомы, ядра, излучение. Обзор основных понятий и явлений ядерной физики.			<b>2</b>	Мультимедиа	[4] с.16-28, [11] с.6-8.	контроль выполнения внеаудиторных заданий
1.1	Радиоэкология как наука. Основные понятия радиоэкологии. Предмет изучения радиоэкологии. Основные разделы радиоэкологии. Общая, теоретическая и экспериментальная радиоэкология. Структура радиоэкологии. Связь радиоэкологии с экологией и другими науками о природе. Основные экологические понятия, используемые в радиоэкологии. Экологические системы.	2		2	Мультимедиа	[3] с.5 - 11, [4] с.5-13	Контроль выполнения внеаудиторных заданий
2	<b>Ионизирующее излучение</b>	<b>4</b>		<b>6</b>			
2.1	Строение атома. Стабильные и нестабильные ядра. $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ – распад. Ионизирующее излучение (ИИ). Взаимодействие ИИ с веществом: Фотоэффект, эффект Комптона, упругое и неупругое	2		4	Мультимедиа	[1] с. 14-19; [2] с. 209-215,	Контроль выполнения внеаудиторных

	<p>рассеяние. Природная радиоактивность. Космическое излучение, его природа, характеристики, воздействие на природную среду. Вторичное излучение и его воздействие на человека, животный и растительный мир. Место космического излучения в естественном радиационном фоне. Естественные радионуклиды земного происхождения. Семейства радиоактивных элементов и радионуклиды элементов средней части таблицы Д.И. Менделеева. Искусственные источники ионизирующих излучений. Дозы облучения населения от природной радиации</p>					[4] с. 16-28, [11] с.9-12.	заданий, тестирование по пройденным темам
	<p>Природная радиоактивность. Космическое излучение, его природа, характеристики, воздействие на природную среду. <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math> –распад. Ионизирующее излучение (ИИ).</p>	2		2		[1] с.8-14, [4] с.77-83	отчеты о самостоятельной работе
<b>3</b>	<b>Основы дозиметрии</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			
3.1	<p>Понятие дозиметрической величины. Основные дозиметрические величины и единицы их измерения: активность радионуклида (беккерель, кюри), объемная, поверхностная и удельная активности образца; поток ионизирующих частиц, флюэнс, экспозиционная доза и мощность экспозиционной дозы фотонного излучения и единицы их измерения; поглощенная доза ИИ, мощность поглощенной дозы фотонного излучения и единицы их измерения; Керма, мощность Кермы и их единицы измерения; эквивалентная поглощенная доза ИИ, мощность поглощенной эквивалентной дозы ИИ и единицы их измерения, эффективная эквивалентная поглощенная доза ИИ, коллективная эффективная эквивалентная поглощенная доза ИИ.</p>	2		2	Мультимедиа	[1] с.43 - 53; [4] с. 59-68.	устное собеседование, коллоквиум
3.2	<p>Радиационная дозиметрия. Расчет экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы фотонного излучения, поглощенной дозы ИИ, мощность поглощенной дозы фотонного излучения</p>		2	2		[3] с. 178-183 [11] с.13-16	отчеты о самостоятельной работе, зачет по выполненной лабораторной работе
3.3.	<p>Назначение и принцип действия дозиметрических приборов.</p>	2			Мультимедиа	[4] с.59-68	лабораторной работе
3.4	<p>Приборы для измерения МЭД, степени загрязнённости воздуха</p>		2	2		[1] с.78-	отчеты о

	активными газами, индивидуальных доз, поглощенных персоналом. $\gamma$ и $\beta$ спектрометры и радиометры – приборы для определения абсолютной активности материалов.					105, [3] с.184-192, [4] с.59-68.	самостоятельно й работе, зачет по выполненной лабораторной работе
3.5	Дозиметрические приборы для населения. Дозиметрия ионизирующих излучений. Измерение МЭД, плотности потока и флюэнса ионизирующих частиц. Поверхностной активности		2	2	Дозиметрические приборы для населения_	[1] с.78-105, [3] с.184-192, [4] с.59-68.	отчеты о самостоятельно й работе, зачет по выполненной лабораторной работе
3.6	Методика измерения содержания Cs-137 и Sr -90 в «слабоактивных» пробах. Проблемы определения Sr -90 в сильно активных образцах Чернобыльского происхождения. Методика измерения $\beta$ -активности жидкостей.		2	2	Мультимедиа	[1] с.78-105, [3] с.184-192, [4] с.59-68.	отчеты о самостоятельно й работе, зачет по выполненной лабораторной работе
3.7	Изучение $\gamma$ , $\beta$ – спектрометра (МКС-АТ1315) и радиометра. Радиометрия продуктов питания. Измерение объемной активности		4	2	$\gamma$ , $\beta$ – спектрометр МКС-АТ1315	[1] с.78-105, [3] с.184-192, [4] с.59-68.	отчеты о самостоятельно й работе, зачет по выполненной лабораторной работе
3.8	Определение удельной и объемной активностей «слабоактивных» образцов.		2	2	$\gamma$ , $\beta$ – спектрометр МКС-АТ1315	[[1] с.78-105, [3] с.184-192, [4] с.59-68.	работе
3.9	Определение содержания Sr -90 в жидкостях		2	2	$\gamma$ , $\beta$ – спектрометра МКС-АТ1315, сушильный шкаф, повар. соль	[1] с.78-105, [3] с.184-192, [4] с.59-68.	

<b>4</b>	<b>Радиационный фон окружающей среды. Биологические эффекты ионизирующего излучения.</b>	<b>4</b>		<b>2</b>			
4.1	Космическое излучение. Первичное космическое излучение. Космическое излучение галактического происхождения. Периодические изменения солнечной активности. Вторичное космическое излучение. Радиация земной коры. Роль излучений в зарождении и поддержании жизни на Земле. Периоды полураспада основных радионуклидов земной коры. Естественный радиационный фон земной коры. Радиоактивный торий ( $^{227}\text{Th}$ , $^{228}\text{Th}$ , $^{232}\text{Th}$ ), уран $^{235}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{40}\text{K}$ и $^{226}\text{Ra}$ . Повышение радиоактивного фона окружающей среды от проведения ядерных взрывов. Радиоактивное загрязнение среды от аварий на АЭС. Острые и отдаленные последствия облучения.	4		2	Мультимедиа	[1] с.8-14, [3] с.82-93, [4] с.20-24, [11] с.19-21	устное собеседование, коллоквиум
<b>5</b>	<b>Использование ионизирующего излучения.</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			
5.1	Медицина: лучевая диагностика, радиоизотопная диагностика (in vivo) и (in vitro). Промышленность. Обнаружение дефектов в промышленных изделиях. Контроль толщины различных материалов. Определение уровня жидкости в резервуарах. Синтез новых веществ: фенола из бензола; бромэтилена из этилена и бромистого водорода. Изменение структуры и свойств материалов: получение композиционных материалов (древяно-, бетоно-, стекло-, цементополимеров). Радиационная дефектоскопия. Научные исследования.	2		2	Мультимедиа	[4] с.168-180	устное собеседование, коллоквиум
<b>6</b>	<b>Проблемы ядерной энергетики.</b>	<b>4</b>		<b>2</b>			
6.1	Типы ядерных реакторов: энергетические, экспериментальные, исследовательские. Атомные электростанции. Достоинства и недостатки атомных электростанций. Ядерный топливный цикл. Замкнутый и разомкнутый циклы. Добыча урановой руды. Изготовление уранового концентрата. Конверсия. Выпуск топлива для ядерных реакторов. «Сжигание» топлива в реакторах. Проблемы переработки отработанного топлива. Хранение и захоронение радиоактивных отходов.	4		2	Мультимедиа	[4] с.180-206	контроль выполнения внеаудиторных заданий
<b>7</b>	<b>Испытания ядерного оружия.</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			

7.1	Основные виды ядерного оружия. Атомная бомба. Водородная бомба. Нейтронная бомба. Термоядерное оружие. Ядерные взрывы: воздушные, наземные, подземные, подводные. Испытательные ядерные полигоны: Семипалатинский полигон, Северный полигон, Невадский полигон. Последствия ядерных взрывов: световое (тепловое) излучение, ударная волна, проникающая радиация, электромагнитный импульс, загрязнение местности радионуклидами. Формирование зон загрязнения радионуклидами в результате наземных и воздушных ядерных взрывов.	2		2	Мультимедиа	[4] с.216-236	блиц-опрос по рассмотренной теме
<b>8</b>	<b>Ядерные аварии.</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			
8.1	Международная шкала ядерных событий. Основная структура шкалы. Крупнейшие ядерные катастрофы, аварии, инциденты. Войсковые учения с применением ядерного оружия. Аварии на предприятиях, производящих ядерное топливо. Аварии на атомных электростанциях.	2		2	Мультимедиа	[4] с.207-216, [11] с.37-39.	контроль выполнения самостоятельной работы по темам
<b>9</b>	<b>Катастрофа на Чернобыльской АЭС: причины, общая характеристика, загрязнение территории Республики Беларусь радионуклидами.</b>	<b>2</b>		<b>4</b>			
9.1	Хроника событий. Основные радионуклиды, накопившиеся в активной зоне реактора к моменту катастрофы. Пути поступления чернобыльских радионуклидов в окружающую среду. Загрязнение радионуклидами территории Республики Беларусь. Загрязнение территории Беларуси $^{131}\text{I}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239}\text{Pu}$ и $^{240}\text{Pu}$ . Зона эвакуации (отчуждения). Зона первоочередного отселения Зона последующего отселения Зона с правом на отселение. Зона проживания с периодическим радиационным контролем. Загрязнение радионуклидами воздушной и водной сред. Влияние строения корневой системы растения на величину коэффициента накопления $^{137}\text{Cs}$ $^{90}\text{Sr}$ .	2		4	Мультимедиа	[4] с.237-276, [11] с.29-31.	отчеты о самостоятельной работе
<b>10</b>	<b>Миграция радионуклидов в природных комплексах и экосистемах.</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			отчеты о самостоятельной работе

10.1	Основные характеристики массопереноса и массообмена радионуклидов в природных комплексах. Коэффициенты распределения и диффузии радионуклидов и методы их определения. Влияние электролитов на коэффициенты диффузии и распределения радионуклидов.	2		2	Мультимедиа	[4] с. 277-290; [11] с. 32-35	
<b>11</b>	<b>Ликвидация последствий катастрофы на ЧАЭС.</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			
11.1	Законы «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС» и «О правовом режиме территорий, подвергшихся загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС». Закон «О радиационной безопасности населения». Защитные мероприятия в сельском и лесном хозяйстве. Защитные меры, направленные на получение нормативно чистой продукции.	2		2	Мультимедиа	[4] с.290-325, [11] с.41-45.	отчет о выполнении заданий самостоятельно го цикла
<b>12</b>	<b>Развитие ядерной энергетики в Республике Беларусь</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			
12.1	Требования в области охраны окружающей среды. Выбор типа реактора АЭС. Основные критерии и принципы безопасности. Генеральный план Белорусской АЭС.	2		2	Мультимедиа	[2, 4, 8]	отчет о выполнении заданий самостоятельно го цикла
	<b>Итого:</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>46</b>			зачет

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### СПИСОК ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная

1. Саечников, В. А. Основы радиационной безопасности [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. А. Саечников, В. М. Зеленкевич // Репозиторий БГПУ. – Режим доступа: <http://elib.bspu.by/handle/doc/13124>. – Дата доступа: 18.02.2020.
2. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность [Электронный ресурс]: учеб.-метод. комплекс / В. П. Сытый [и др.] // Репозиторий БГПУ. – Режим доступа: <http://elib.bspu.by/handle/doc/8090>. – Дата доступа: 18.02.2020.
3. Маврищев В. В. Радиоэкология и радиационная безопасность: пособие для студентов вузов / В. В. Маврищев, А. Э. Высоцкий, Н. Г. Соловьёва. – Минск: ТетраСистемс, 2010. – 208 с.
4. Соколик Г. А. Основы радиоэкологии и безопасной жизнедеятельности: учебник / Г. А. Соколик, Т.Н. Ковалева, С. В. Овсянникова. – Мн.: Тонпик, 2008. – 366 с.
5. Мархоцкий, Я. Л. Основы защиты населения в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие для студентов гуманитар. специальностей вузов / Я. Л. Мархоцкий. – 3-е изд. – Минск: Выш. шк., 2010. – 206 с.

#### Дополнительная

6. Руководство по безопасности жизнедеятельности человека: пособие: в 2 ч. / В. П. Сытый [и др.]; под ред. В. П. Сытого. – Минск: Тирас-Н, 2015. – Ч. 1. – 344 с.
7. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб.-метод. пособие : в 3 ч. / Д. А. Мельниченко [и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники, Фак. компьютер. проектирования. – Минск: БГУИР, 2017. – Ч. 2: Защита населения, объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность. – 98 с.
8. Герасимова, Т. Ю. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : курс лекций / Т. Ю. Герасимова ; М-во образования Респ. Беларусь, Могилев. гос. ун-т. – Могилев: МГУ, 2011. – 256 с.
9. Ролевич, И. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность: лаб. практикум: учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по профилю образования «Техника и технологии» / И. В. Ролевич, Г. И. Морзак, Е. В. Зеленухо. – Минск: Респ. ин-т высш. шк, 2017. – 134 с.
10. Радиоэкология и радиационная защита: энцикл. справ. / под ред. М. Г. Ясовеева, Н. Н. Цыбулько. – Минск: Белорус. гос. пед. ун-т, 2017. – 288 с.

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ**  
**"Радиоэкологические проблемы Беларуси"**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество аудиторных часов		
		Всего	В том числе	
			Лекции	Лабораторные занятия
1	Введение	2	2	
2	Ионизирующее излучение	6	4	2
3	Основы дозиметрии и радиометрии	18	4	14
4	Радиационный фон окружающей среды. Биологические эффекты ионизирующего излучения	4	4	
5	Использование ионизирующего излучения.	2	2	
6	Проблемы ядерной энергетики	4	4	
7	Испытания ядерного оружия	2	2	
8	Ядерные аварии	2	2	
9	Катастрофа на Чернобыльской АЭС: причины, общая характеристика, загрязнение территории Республики Беларусь радионуклидами.	2	2	
10	Миграция радионуклидов в природных комплексах и экосистемах	2	2	
11	Ликвидация последствий катастрофы на ЧАЭС.	2	2	
12	Развитие ядерной энергетики в Республике Беларусь	2	2	
	<b>Итого:</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>16</b>

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов – это вид учебной деятельности обучающихся в процессе освоения образовательных программ высшего образования, осуществляемой самостоятельно вне аудитории (в библиотеке, научной лаборатории, в домашних условиях и т.д.) с использованием различных средств обучения и источников информации (далее – СР).

Целями СР являются:

- активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике;

СР, как важная составная часть образовательного процесса, должна обеспечиваться доступностью и качеством научно-методического и материально-технического обеспечения образовательного процесса, сопровождаться эффективной системой контроля и способствовать усилению практической направленности обучения.

При выполнении СР должны быть созданы условия, при которых обеспечивалась бы активная роль обучающихся в самостоятельном получении знаний и систематическом применении их на практике.

### Требования к выполнению самостоятельной работы студента

№ п/п	Название темы, раздела	Кол-во часов на СРС	Задание	Форма выполнения
1	2	3	4	5
1	Введение: атомы, ядра, излучение. Обзор основных понятий и явлений ядерной физики.	2	домашние задания 1-9, 14, 15, 17]	контроль выполнения внеаудиторных заданий
2	Ионизирующее излучение.	6	домашние задания 9-13	Контроль выполнения внеаудиторных заданий
3	Основы дозиметрии.	16	домашние задания 16-35, задачи 1-8	Контроль выполнения внеаудиторных заданий, тестирование по пройденным темам
4	Радиационный фон окружающей среды. Биологические эффекты ионизирующего излучения.	2	домашние задания 31-38	устное собеседование, коллоквиум

5	Использование ионизирующего излучения.	2	домашние задания 43-46	устное собеседование, коллоквиум
6	Проблемы ядерной энергетики.	2	домашние задания 47-50	устное собеседование, коллоквиум
7	Испытания ядерного оружия.	2	домашние задания 50-54	блиц-опрос по рассмотренной теме
8	Ядерные аварии.	2	домашние задания 56-61	контроль выполнения самостоятельной работы по темам
9	Катастрофа на Чернобыльской АЭС: причины, общая характеристика, загрязнение территории Республики Беларусь радионуклидами.	6	домашние задания 64-73	отчеты о самостоятельной работе
10	Миграция радионуклидов в природных комплексах и экосистемах.	2	домашние задания 74-77	отчеты о самостоятельной работе
11	Ликвидация последствий катастрофы на ЧАЭС.	2	Изучить карту загрязнения Республики Беларусь. Домашние задания 80-89	отчет о выполнении заданий самостоятельного цикла
12	Развитие ядерной энергетики в Республике Беларусь.	2	Генеральный план Белорусской АЭС. Требования в области охраны окружающей среды. Домашние задания 91-94	отчет о выполнении заданий самостоятельного цикла
13	<b>Итого</b>	<b>46</b>		

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Радиоэкология как наука. Основные понятия радиоэкологии.
2. Основные разделы радиоэкологии. Общая, теоретическая и экспериментальная радиоэкология.
3. Связь радиоэкологии с экологией и другими науками о природе.
4. Основные экологические понятия, используемые в радиоэкологии. Экологические системы.
5. Строение атома. Стабильные и нестабильные ядра.
6.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  –распад.
7. Ионизирующее излучение (ИИ).
8. Взаимодействие ИИ с веществом: Фотоэффект, эффект Комптона, упругое и неупругое рассеяние.
9. Природная радиоактивность Семейства радиоактивных элементов и радионуклиды элементов средней части таблицы Д.И. Менделеева.
10. Понятие дозиметрической величины. Основные дозиметрические величины и единицы их измерения: активность радионуклида (беккерель, кюри), объемная, поверхностная и удельная активности образца.
11. Экспозиционная доза и мощность экспозиционной дозы фотонного излучения и единицы их измерения.
12. Назначение и принцип действия дозиметрических приборов.
13. Способы измерения ионизирующих излучений и определения доз облучения.
14. Приборы для измерения МЭД, степени загрязнённости воздуха активными газами, индивидуальных доз, поглощенных персоналом.  $\gamma$  и  $\beta$  спектрометры и радиометры – приборы для определения абсолютной активности материалов.
15. Космическое излучение. Первичное космическое излучение. Космическое излучение галактического происхождения.
16. Роль излучений в зарождении и поддержании жизни на Земле. Периоды полураспада основных радионуклидов земной коры естественный радиационный фон земной коры.
17. Острые и отдаленные последствия облучения. Детерминированные и стохастические эффекты от воздействия радионуклидов на организм человека.
18. Медицина: лучевая диагностика, радиоизотопная диагностика (*in vivo*) и (*in vitro*). Промышленность. Обнаружение дефектов в промышленных изделиях.
19. Типы ядерных реакторов: энергетические, экспериментальные, исследовательские. Атомные электростанции.
20. Ядерный топливный цикл. Замкнутый и разомкнутый циклы.
21. Проблемы переработки отработанного топлива. Хранение и захоронение радиоактивных отходов.
22. Крупнейшие ядерные катастрофы, аварии, инциденты.
23. Причины Чернобыльской катастрофы. Хроника событий.
24. Основные радионуклиды, накопившиеся в активной зоне реактора к моменту катастрофы. Пути поступления чернобыльских радионуклидов в

окружающую среду. Загрязнение радионуклидами территории Республики Беларусь.

25. Законы «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС» и «О правовом режиме территорий, подвергшихся загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС».

26. Закон «О радиационной безопасности населения». Защитные мероприятия в сельском и лесном хозяйстве. Защитные меры, направленные на получение нормативно чистой продукции.

27. Требования в области охраны окружающей среды. Выбор типа реактора АЭС. Основные критерии и принципы безопасности. Генеральный план Белорусской АЭС.

## **НАГЛЯДНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ**

1. Находятся в лаборатории электричества БГПУ, кор.3, комн. 03.
2. Находятся в лаборатории лекционных демонстраций БГПУ, кор.3, комн. 104.
3. В лаборатории специального физического практикума БГПУ, кор.3, комн. 207.
4. Размещены в базе данных <http://phys.bspu.unibel.by/phys/index.htm>

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Вычислительные методы и компьютерное моделирование	Кафедра информатики и методики преподавания информатики	Дать навыки практического использования компьютерной техники для самостоятельной работы по дисциплине «Радиоэкологические проблемы Беларуси», в частности, для обработки результатов физического эксперимента.	Предусмотреть при проведении УСРС по дисциплинам кафедры информатики и методики преподавания информатики выполнение соответствующих заданий по разделу основы дозиметрии. протокол № 10 от 26.05.2023 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу «Радиоэкологические проблемы Беларуси» для высших учебных заведений по специальности 1 - 02 05 02 физика и информатика.  
Авторы-составители В.Р. Соболев, С.А. Василевский

Рецензируемая учебная программа разработана в соответствии с образовательным стандартом и учебным планом специальности. Она призвана заложить основы профессиональной подготовки преподавателей физики в области радиоэкологии.

В первой части содержания учебного материала нашли отражение традиционно рассматриваемые вопросы при изучении радиационной безопасности: основные положения ядерной и теоретической физики, которые объясняют возникновение и существование ионизирующего излучения в земных условиях.

Вторая часть знакомит студентов с основами дозиметрии, которые предусматривают изучение единиц измерения дозиметрических величин, знакомство с методиками их определения с помощью современных приборов. При этом должное внимание уделяется как изучению теоретических основ дозиметрии и измерительной физики, так и обучению работе на современных дозиметрических приборах.

Третья часть предполагает изучение рисков и перспектив развития ядерной энергетики в Республике Беларусь, перспективы преодоления последствий Чернобыльской катастрофы.

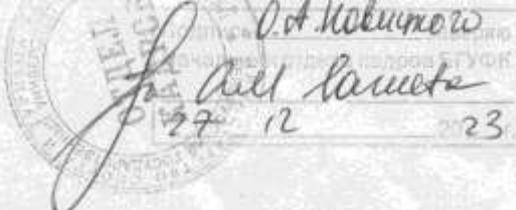
Подробное изучение будущими физиками экологических проблем, связанных с развитием ядерных технологий, считаю оправданным, поскольку полученные знания позволят будущим преподавателям проводить основные и факультативные занятия на более высоком профессиональном уровне.

Используемые в рамках данной программы пособия, учебники и т.д. позволяют обеспечить проведение образовательного процесса по учебной дисциплине «Радиоэкологические проблемы Беларуси» в объеме 32 часов лекционных занятий и 16 часов лабораторных занятий.

Рекомендуемая литература охватывает все указанные в учебной программе темы.

Исходя из вышесказанного, считаю, что рецензируемая учебная программа «Радиоэкологические проблемы Беларуси» может быть рекомендована к утверждению для высших учебных заведений по специальности: 1 - 02 05 02 физика и информатика.

Доцент кафедры биомеханики  
учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет физической культуры»,  
кандидат физико-математических наук

  
О.А. Новицкий  
  
027 12 23

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу «Радиоэкологические проблемы Беларуси» для высших учебных заведений по специальности 1 - 02 05 02 физика и информатика.

Авторы-составители: В.Р.Соболь, С.А.Василевский

Проживание значительной части населения нашей страны в зоне, загрязненной радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС, или по соседству с ней, а также наличие собственной АЭС делают дисциплину по выбору «Радиоэкологические проблемы Беларуси» для будущих педагогов чрезвычайно актуальной.

Содержание рассматриваемой учебной программы основывается на уже изученных студентами четвертого курса разделах общей и теоретической физики и охватывает широкий круг теоретических и практических вопросов: радиоактивное излучение и его взаимодействие с веществом, в частности, его воздействие на живые клетки; формулировка основных задач дозиметрии и знакомство с существующими способами их решения, а именно, определение мер и степени воздействия радиоактивного излучения на вещество – доз облучения, степени загрязнения продуктов питания, воздуха, воды и пр.; миграция радионуклидов в природных экологических комплексах; проблемы, которые могут возникнуть в связи работой Белорусской АЭС. Предусмотрено подробное изучение последствий катастрофы на ЧАЭС, методы и успехи в их ликвидации.

Структура курса «Радиоэкологические проблемы Беларуси» обеспечивает органичное сочетание лекций, практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Изучение будущими учителями физики экологических проблем, связанных с распространением радионуклидов, позволит проводить основные и факультативные занятия на более высоком профессиональном уровне.

Рекомендуемая литература охватывает все указанные в учебной программе темы.

Рецензируемая учебная программа разработана в соответствии с Образовательным стандартом и учебными планами специальности и отвечает требованиям, предъявляемым к подобным документам.

Считаю, что учебная программа «Радиоэкологические проблемы Беларуси» может быть рекомендована к утверждению для высших учебных заведений по специальности: 1 - 02 05 02 Физика и информатика.

Доцент кафедры физики УО  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»,  
канд. физ.-мат. наук, доцент



Кисель В.В.