

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А.Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета



## ЯДЕРНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для  
специальности:  
1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2025 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-100 01 01-2021 от 25.04.2022 и учебного плана учреждения образования для специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность Рег.№134-21/уч. от 25.06.2021

**СОСТАВИТЕЛИ:**

Т.В. Дашкевич, старший преподаватель кафедры ядерных и медицинских технологий Учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.Г. Трифонов, заведующий лабораторией энергетического планирования, разработок технических нормативных актов, экспертного анализа материалов и научно-организационного обеспечения государственной программы ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, доцент;

А.И. Тимошенко, заведующий кафедрой ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой ядерных и медицинских технологий «Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета  
(протокол № 11 от 20.06.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета  
(протокол № 9 от 26.06.2025)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**Цель** учебной дисциплины – формирование у обучающихся целостных знаний и представлений по всему спектру применения современных ядерных и радиационных технологий, включая технологии использования источников ионизирующего излучения, к которым относятся, в частности, ядерная энергетика, медицинская радиология и ядерная медицина, технологии неразрушающего контроля и другие технологии, в которых используются ядерные материалы, ядерные реакции, явление радиоактивности и жесткое рентгеновское излучение.

**Задачи** учебной дисциплины состоят в следующем:

- сформировать у обучающихся понимание принципов классификации ядерных и радиационных технологий;
- ознакомить обучаемых с научно-техническими основами применения ядерных и радиационных технологий;
- изучить основные подходы к обеспечению безопасности ядерных и радиационных технологий.

Учебный материал дисциплины основан на знании студентами физических принципов осуществления ядерных реакций и превращений, генерации различных видов ионизирующего излучения, процессов взаимодействия ионизирующего излучения с веществом и методов его регистрации.

Таким образом, данная дисциплина базируется на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах «Физика ядра и ионизирующего излучения», «Измерение характеристик ионизирующего излучения», «Контроль конструкционных материалов ядерных энергетических установок», «Нейтронная физика», «Ядерные реакторы и атомные станции».

Воспитательное значение учебной дисциплины «Ядерные и радиационные технологии» заключается в развитии у студентов исследовательских умений, креативности, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования личности которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, патриотизм, готовность к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

В ходе изучения учебной дисциплины студент должен освоить следующие специализированные **компетенции**: использовать знания о ядерных и радиационных установках, осуществлять деятельность, связанную с обращением с ядерными и радиоактивными материалами, формулировать основные элементы программы обеспечения ядерной, радиационной и физической безопасности.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- принципы классификации ядерных и радиационных технологий;

– основные направления применения ядерных и радиационных технологий в различных сферах экономической деятельности;

– основные требования к безопасности ядерных и радиационных технологий на протяжении всего жизненного цикла ядерных и радиационно опасных объектов;

**уметь:**

– проводить сравнительный анализ различных ядерных и радиационных технологий в соответствии с тремя основными принципами радиационной безопасности (обоснованность, оптимизация мер защиты, дозовые пределы и ограничения);

– разрабатывать предложения по использованию тех или иных ядерных и радиационных технологий в зависимости от поставленных задач;

**иметь навык:**

– владеть системным подходом к анализу эффективности применения ядерных и радиационных технологий.

Для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине следует использовать информационные технологии, разместить в свободном доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы, электронные пособия и учебники и др.).

Программа рассчитана на 108 часов, из которых 56 часов отводится на аудиторные занятия. На лекции отводится 36 часов, на семинарские занятия – 20 часов.

Форма промежуточной аттестации – зачет в 9-м семестре.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение**

Предмет дисциплины «Ядерные и радиационные технологии». Определение ядерных технологий. Расширение предмета на область ядерных и радиационных технологий. Классификация ядерных и радиационных технологий по видам экономической деятельности.

### **Тема 2. Энергетика будущего - перспективы управляемого термоядерного синтеза**

Современное состояние дел в термоядерной энергетике. Обзор перспективных подходов к осуществлению управляемого термоядерного синтеза (ТС): инерциальный и лазерный ТС, мюонный катализ.

### **Тема 3. Промышленные облучатели**

Классификация промышленных облучателей. Использование гамма-установок и электронных ускорителей в промышленных радиационных технологиях и научных исследованиях: радиационная полимеризация, радиационное модифицирование материалов, радиационное отверждение покрытий и др.

### **Тема 4. Радионуклидные и рентгеновские средства измерений в промышленности и геологии**

Радионуклидные средства измерений. Датчики физических величин: плотномеры, уровнемеры, измерители толщины и массы. Применение источников ионизирующего излучения при разведке и добыче полезных ископаемых. Ядерный каротаж.

### **Тема 5. Ядерные и радиационные технологии в биологии и медицине**

Использование источников ионизирующего излучения в биологических исследованиях. Рентгеновская диагностика. Рентгеновская и позитронно-эмиссионная томография. Лучевая терапия (рентгеновская и гамма-терапия). Применение синхротронного излучения в медицине. Ядерные реакторы в медицине. Протонная терапия. Бор-нейтронозахватная терапия. Брахитерапия. Ядерная медицина. Радионуклидная диагностика и терапия.

### **Тема 6. Ядерные и радиационные методы исследования в неразрушающей диагностике материалов**

Рентгеновская и гамма-дефектоскопия. Мёссбауэрская спектроскопия. Источники ионизирующего излучения в системах безопасности.

### **Тема 7. Нейтронно-активационный анализ**

Методика нейтронно-активационного анализа. Сфера применения.

**Тема 8. Иные области применения ядерных технологий**

Применение источников ионизирующего излучения в экологии, строительстве, сельском хозяйстве, рыболовстве. Автономные радионуклидные источники электрической и тепловой энергии для работ в космосе. Ядерные взрывы.

**Тема 9. Информационные технологии и программные средства в ядерных и радиационных технологиях**

Постановка эксперимента и представление его данных. Компьютерные методы обработки результатов эксперимента. Нейронные сети в обработке экспериментальных данных. Ядерно-физические исследования и электронные информационные ресурсы. Программно-технический комплекс сбора информации энергоблока АЭС. Структурная схема и информационные системы АСУ ТП АЭС.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
 (для очной (дневной) формы получения высшего образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Введение	2						1,2,5
2.	Энергетика будущего - перспективы управляемого термоядерного синтеза	4		2				1-5
3.	Промышленные облучатели	4		2				1-5
4.	Радионуклидные и рентгеновские средства измерений в промышленности и геологии	6		2				1-5
5.	Ядерные и радиационные технологии в биологии и медицине	6		2				1-5
6.	Ядерные и радиационные методы исследования в неразрушающей диагностике материалов	2		2				1-5
7.	Нейтронно-активационный анализ	4		4				1-5
8.	Иные области применения ядерных технологий	4		2				1-5
9.	Информационные технологии и программные средства в ядерных и радиационных технологиях	4		4				1-5
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>		<b>20</b>				

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемая литература

#### *Основная*

1. Едчик, И. А. Основы физики ядерных реакторов : монография / И. А. Едчик. – Минск : Бел. навука, 2019. – 211 с.
2. Киевицкая, А. И. Современная атомная энергетика и инновационные ядерные установки: Учебное пособие/ А.И. Киевицкая. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 92 с.

#### *Дополнительная*

3. Апсэ, В.А. Ядерные технологии. Учебное пособие. / В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев. – Москва: МИФИ, 2008. – 128 с. ISBN / ISSN: 978-5-7262-1031-5
4. Бекман, И.Н. Ядерные технологии. Учебник для бакалавриата и магистратуры / И.Н.Бекман. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2016. – 404 с.
5. Бойко, В.И. Ядерные технологии в различных сферах человеческой деятельности. Учебное пособие / В.И. Бойко, Ф.П. Кошелев – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 342 с.
6. Едчик, И. А. Физико-технические основы ядерной энергетики / И. А. Едчик ; Нац. акад. наук Беларуси, Объединен. ин-т энергет. и ядер. исслед. – Сосны : Беларуская навука, 2017. – 175 с.
7. Ядерные технологии : учебное пособие для вузов / О. Л. Ташлыков ; под науч. ред. С. Е. Щеклеина. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 198 с.

## **Формы контроля знаний**

<b>№ п / п</b>	<b>Форма</b>
1.	Устный опрос на лекциях
2.	Написание тестовых заданий
3.	Опрос на семинарских занятиях
4.	Доклады на семинарских занятиях
5.	Зачет по дисциплине

### ***Инновационные методы и подходы к преподаванию учебной дисциплины***

Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению обучающихся в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, при преподавании дисциплины следует выделить:

- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
- технологии научно-исследовательской деятельности;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

Для формирования современных социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

### ***Примерный перечень тем семинарских занятий***

1. Проект ТОКАМАК. Проект «Стелларатор». Лазерные технологии в термоядерном синтезе.
2. Разведка полезных ископаемых и контроль бурения. Ядерный каротаж. Добыча полезных ископаемых, содержащих радионуклиды. NORM.
3. Рентгеновская диагностика и контроль операционного вмешательства. Радионуклидная диагностика. Позитронно-эмиссионная томография. Спектрометры излучения человека. Компьютерные методы диагностики. Телетерапия (рентгеновские, радионуклидные источники). Контактная терапия (брехитерапия). Ядерная медицина.
4. Судовые ядерные силовые установки. Космические ядерные силовые установки.
5. Неразрушающий контроль на транспорте (авиация, железнодорожный транспорт, трубопроводный транспорт).
6. Контроль содержания р/н в стройматериалах. Радиационный контроль технологических параметров при строительстве зданий, сооружений, дорог.
7. Радиационная обработка материалов: борьба с разносчиками болезней и вредителями.
8. Дезинфекция сточных вод и выбросов. Контроль содержания радионуклидов в металломоломе.
9. Досмотр груза и багажа. Следственное дело и криминалистика.

- 10.Исследовательские реакторы. Подкритические стенды и ADS. Ускорители (фундаментальные и прикладные исследования).
- 11.Радионуклидные источники в научных исследованиях.
- 12.Ядерное оружие и его испытания. Ядерные взрывы в мирных целях.
- 13.Передвижные атомные станции. Автономные радионуклидные источники питания.

### ***Примерный перечень тем докладов***

1. Ядерно-физические исследования и электронные информационные ресурсы. Базы данных BOFOD; CNDC, EDNDL, JENDL.
2. Объектно-ориентированное программирование на языке ***Python***. Применение в сфере ядерных и радиационных технологий.
3. Пакет Mathematica. Применение в сфере ядерных и радиационных технологий.
4. Пакет Maple. Специфика языка и обработка данных ядерных исследований.
5. Анализ экспериментальных данных с помощью программы ***R***.
6. Среда имитационного моделирования Simulink для АЭС.
7. Неразрушающий контроль в производстве ТВЭЛ для АЭС – перспективная область применения системы MATLAB.
8. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на атомной электростанции.

### ***Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации***

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы, тесты и доклады на семинарских занятиях. Доклады оформляются в виде презентации. На представление материала доклада отводится 10-15 минут. Оценка каждого элемента доклада проводится по десятибалльной шкале.

Оценка за доклад,  $D$ , рассчитывается следующим образом:

$$D = 0,4T + 0,2P + 0,4B,$$

где  $T$  – оценка за материал презентации, глубину проработки,  $P$  – оценка за оформление презентации,  $B$  – оценка за устное выступление.

Оценка докладов проводится по десятибалльной шкале.

### ***Наименования и виды методических средств***

<b>№ п / п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Вид</b>
1	Учебно-информационные материалы по теме лекций	Электронный документ
2	Презентации	Электронный документ

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ С ДРУГИМИ  
ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

<b>Название дисциплины, с которой требуется согласование</b>	<b>Название кафедры</b>	<b>Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине</b>	<b>Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)</b>
Физика ядра и ионизирующего излучения	Ядерных и медицинских технологий	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте Протокол №11 от 20.06.2025 г.
Измерение характеристик ионизирующего излучения	Ядерных и медицинских технологий	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте Протокол №11 от 20.06.2025 г.
Контроль конструкционных материалов ядерных энергетических установок	Ядерных и медицинских технологий	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте Протокол №11 от 20.06.2025 г.
Ядерные реакторы и атомные станции	Ядерных и медицинских технологий	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте Протокол №11 от 20.06.2025 г.
Нейтронная физика	Ядерных и медицинских технологий	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте Протокол №11 от 20.06.2025 г.

Учебную программу разработал:  
старший преподаватель кафедры ядерных и медицинских технологий

\_\_\_\_\_ Т.В. Дашкевич