

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152631	Радиохимические технологии

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Управление экологической безопасностью радиохимических технологий	Код ОП 1. 18.04.01/33.08
Направление подготовки 1. Химическая технология	Код направления и уровня подготовки 1. 18.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Воронина Анна Владимировна	кандидат химических наук, доцент	Заведующий кафедрой	радиохимии и прикладной экологии

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Радиохимические технологии

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплины «Радиохимические технологии ядерного топливного цикла» и «Технологии производства радиоактивных изотопов», направлен на формирование компетенций в сфере технологий производства делящихся материалов, переработки облучённого ядерного топлива, производства радиоактивных изотопов, получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для медицины. Знакомит с видами и основными принципами работы ядерных реакторов, а также методами обеспечения экологической безопасности технологий на всех стадиях ядерного топливного цикла.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Радиохимические технологии ядерного топливного цикла	6
2	Технологии производства радиоактивных изотопов	6
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Радиохимия и радиоэкология
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Радиохимические технологии ядерного топливного цикла	ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной	З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов

	<p>деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p>
	<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p>

		<p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p>

	Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности
ОПК-7 - Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации	У-4 - Выбрать оборудование и технологическую оснастку при разработке технических заданий на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов
ПК-1 - Способен планировать и проводить научные исследования, в том числе с использованием радиоактивных веществ и материалов, решать научно-исследовательские и опытно-конструкторские задачи области радиохимических технологий, методов и технологий обеспечения их радиационной и экологической безопасности, использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты	<p>З-1 - Сформулировать научную проблематику в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий</p> <p>У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области радиохимии, радиоэкологии, совершенствования радиохимических технологий</p> <p>У-3 - Использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты</p> <p>П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий</p>
ПК-2 - Способен разрабатывать и совершенствовать радиохимические технологии, выделять основные факторы,	З-1 - Сформулировать физико-химические основы технологических процессов с использованием радиоактивных веществ и материалов

<p>влияющие на их экологическую безопасность, прогнозировать воздействие новых технологий на окружающую среду, разрабатывать методы радиохимического анализа и оценки состояния окружающей среды по радионуклидному признаку</p>	<p>З-2 - Характеризовать основные виды технологических операций</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта использования радиохимических технологий</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новых и совершенствования действующих радиохимических технологий</p> <p>У-5 - Оценивать экологическую безопасность действующих технологий с использованием радиоактивных веществ и материалов, а также прогнозировать воздействие новых радиохимических технологий на окружающую среду</p> <p>П-1 - Разрабатывать отдельные этапы радиохимических технологий</p>
<p>ПК-3 - Способен организовать разработку и координировать проведение научных исследований в области радиохимических технологий, методов радиохимического анализа, радиоэкологического мониторинга, снижения негативного воздействия предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду и ликвидации последствий их деятельности</p>	<p>З-1 - Ориентироваться в нормах и правилах ядерной и радиационной безопасности</p> <p>У-1 - Анализировать научно-техническую информацию по теме исследований</p> <p>П-1 - Организовать или участвовать в организации внедрения результатов научно-исследовательских в области радиохимических технологий, методов радиохимического анализа, снижения негативного воздействия предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду и ликвидации последствий их деятельности</p>
<p>ПК-4 - Способен организовывать и руководить ведением технологического процесса с радиоактивными веществами и материалами, в том числе с радиоактивными отходами, радиохимическим контролем технологических процессов, обеспечивать</p>	<p>З-3 - Характеризовать основные стадии и виды технологических операций в ядерном топливном цикле, обращения с радиоактивными отходами</p> <p>З-5 - Иметь понятие о действиях в аварийных и чрезвычайных ситуациях</p> <p>У-1 - Анализировать технологический процесс как объект управления, систематизировать и обобщать информацию, касающуюся деятельности предприятия и обеспечения экологической безопасности</p>

<p>и контролировать их безопасность, предотвращать негативное радиационное воздействие на здоровье персонала и населения, радиоактивное загрязнение окружающей среды</p>	<p>У-2 - Анализировать и объяснять особенности физико-химического поведения радионуклидов в технологических и природных системах</p> <p>У-3 - Прогнозировать и предотвращать негативное радиационное воздействие на здоровье персонала и населения, радиоактивное загрязнение окружающей среды</p>
<p>ПК-5 - Способен осуществлять технологические процессы с использованием радиоактивных и ядерных материалов, обращение с радиоактивными отходами, проводить радиометрические, спектрометрические измерения технологического сырья и продуктов, осуществлять радиохимический анализ</p>	<p>З-2 - Объяснить назначение, устройство, конструктивные особенности, принципы работы оборудования в сфере профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов (технологии ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами, производства радиоактивных изотопов)</p> <p>У-2 - Оценивать причины отклонения технологических параметров процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов от заданных регламентом производства</p> <p>У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов на ход процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов и свойства получаемого материала</p> <p>У-4 - Предоставлять рекомендации по корректировке технологических режимов операций с использованием радиоактивных и ядерных материалов</p>
<p>ПК-6 - Способен реализовать природоохранную деятельность на объектах использования атомной энергии, обеспечивать радиационную и экологическую безопасность, использовать методы</p>	<p>П-3 - Предотвращать негативное воздействие предприятий, использующих радиохимические технологии на окружающую среду и ликвидировать последствия этой деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>

	радиоэкологического мониторинга	
Технологии производства радиоактивных изотопов	ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p>
	ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>

		<p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p>
	<p>ПК-1 - Способен планировать и проводить научные исследования, в том числе с использованием радиоактивных веществ и материалов, решать научно-исследовательские и опытно-конструкторские задачи области радиохимических технологий, методов и</p>	<p>З-1 - Сформулировать научную проблематику в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий</p> <p>З-2 - Выполнить обзор отечественных и международных достижений в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий</p> <p>У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области радиохимии, радиоэкологии,</p>

	<p>технологий обеспечения их радиационной и экологической безопасности, использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты</p>	<p>совершенствования радиохимических технологий</p> <p>П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области радиохимии, радиозэкологии и радиохимических технологий</p> <p>П-4 - Рассчитывать распад и накопления радионуклидов в природных и технических системах</p>
	<p>ПК-2 - Способен разрабатывать и совершенствовать радиохимические технологии, выделять основные факторы, влияющие на их экологическую безопасность, прогнозировать воздействие новых технологий на окружающую среду, разрабатывать методы радиохимического анализа и оценки состояния окружающей среды по радионуклидному признаку</p>	<p>З-1 - Сформулировать физико-химические основы технологических процессов с использованием радиоактивных веществ и материалов</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта использования радиохимических технологий</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новых и совершенствования действующих радиохимических технологий</p> <p>П-1 - Разрабатывать отдельные этапы радиохимических технологий</p>
	<p>ПК-3 - Способен организовать разработку и координировать проведение научных исследований в области радиохимических технологий, методов радиохимического анализа, радиозэкологического мониторинга, снижения негативного воздействия предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду и</p>	<p>З-1 - Ориентироваться в нормах и правилах ядерной и радиационной безопасности</p> <p>У-1 - Анализировать научно-техническую информацию по теме исследований</p> <p>П-1 - Организовать или участвовать в организации внедрения результатов научно-исследовательских в области радиохимических технологий, методов радиохимического анализа, снижения негативного воздействия предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду и ликвидации последствий их деятельности</p>

	<p>ликвидации последствий их деятельности</p>	
	<p>ПК-4 - Способен организовывать и руководить ведением технологического процесса с радиоактивными веществами и материалами, в том числе с радиоактивными отходами, радиохимическим контролем технологических процессов, обеспечивать и контролировать их безопасность, предотвращать негативное радиационное воздействие на здоровье персонала и населения, радиоактивное загрязнение окружающей среды</p>	<p>З-4 - Характеризовать основные способы и процессы получения радиоактивных изотопов</p> <p>У-1 - Анализировать технологический процесс как объект управления, систематизировать и обобщать информацию, касающуюся деятельности предприятия и обеспечения экологической безопасности</p> <p>У-2 - Анализировать и объяснять особенности физико-химического поведения радионуклидов в технологических и природных системах</p> <p>У-3 - Прогнозировать и предотвращать негативное радиационное воздействие на здоровье персонала и населения, радиоактивное загрязнение окружающей среды</p>
	<p>ПК-5 - Способен осуществлять технологические процессы с использованием радиоактивных и ядерных материалов, обращение с радиоактивными отходами, проводить радиометрические, спектрометрические измерения технологического сырья и продуктов, осуществлять радиохимический анализ</p>	<p>З-1 - Разбираться в нормативных требованиях к организации работы с радиоактивными веществами, нормах и правилах обеспечения радиационной безопасности</p> <p>У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов (технологии ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами, производства радиоактивных изотопов)</p> <p>У-2 - Оценивать причины отклонения технологических параметров процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов от заданных регламентом производства</p> <p>У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов на ход процесса с использованием</p>

		<p>радиоактивных и ядерных материалов и свойства получаемого материала</p> <p>У-4 - Предоставлять рекомендации по корректировке технологических режимов операций с использованием радиоактивных и ядерных материалов</p>
	<p>ПК-6 - Способен реализовать природоохранную деятельность на объектах использования атомной энергии, обеспечивать радиационную и экологическую безопасность, использовать методы радиоэкологического мониторинга</p>	<p>П-3 - Предотвращать негативное воздействие предприятий, использующих радиохимические технологии на окружающую среду и ликвидировать последствия этой деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Радиохимические технологии ядерного
топливного цикла

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Семенищев Владимир Сергеевич	кандидат химических наук, доцент	Доцент	Кафедра радиохимии и прикладной экологии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Семенищев Владимир Сергеевич, Доцент, радиохимии и прикладной экологии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	СТРУКТУРА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА	Суть и структура ядерного топливного цикла. ЯТЦ, ОЯТЦ, ЗЯТЦ, предприятия ЯТЦ. Типы ядерных реакторов. Структура и основные предприятия ЯТЦ России.
P2	ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ	Химическая технология урана: уранодобывающая промышленность, подземное выщелачивание, аффинаж, производство гексафторида урана разделение изотопов, фабрикация ТВЭЛ. Ториевый топливный цикл. Обзор химической технологии тория.
P3	ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	Конструкционные материалы АЭС, сечение захвата нейтронов, радиационная стойкость, химическая стойкость. Химические технологии производства конструкционных материалов
P4	ПЕРЕРАБОТКА ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА	Задачи переработки ОЯТ. Мировой опыт переработки гражданского ОЯТ. Водные технологии переработки ОЯТ (ПУРЕКС-процесс). Неводные технологии переработки ОЯТ. Регенерация ценных компонентов из ОЯТ.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Радиохимические технологии ядерного топливного цикла

Электронные ресурсы (издания)

1. Пронкин, , Н. С.; Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие.; Логос, Москва; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/17680.html> (Электронное издание)
2. Карелин, В. А.; Технология переработки облученного ядерного топлива : учебное пособие.; Томский политехнический университет, Томск; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/98963.html> (Электронное издание)
3. Бушуев, , Н. И.; История и технология ядерной энергетики : учебное пособие.; Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, Москва; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/57041.html> (Электронное издание)
4. Волкович, , В. А., Распопин, , С. П.; Металлургия урана и технология его соединений. Часть 1 : курс лекций.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/69632.html> (Электронное издание)
5. Волкович, , В. А., Распопин, , С. П.; Металлургия урана и технология его соединений. Часть 3 : курс лекций.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/69633.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Лебедев, В. М.; Ядерная энергетика. Радиоактивные отходы и обеспечение безопасности : Учеб. пособие.; Издательство ГЦИПК, Обнинск; 1998 (1 экз.)
2. Сахаров, В. К.; Радиоэкология : учебное пособие для студентов физических и инженерно-физических специальностей вузов, обучающихся по направлению 651000 "Ядерная физика и технологии".; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2006 (22 экз.)
3. ; Радиационные характеристики облученного ядерного топлива : справочник.; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (12 экз.)
4. , Васин, Б. Д., Волкович, В. А., Бычков, А. В., Савочкин, Ю. П., Распопин, С. П.; Неводные методы переработки облученного ядерного топлива : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004 (2 экз.)
5. ; Оборудование высокотемпературных технологий регенерации и рефабрикации ядерного топлива : учеб. пособие.; Атомэнергопром, Екатеринбург; 2012 (1 экз.)
6. Волкович, В. А.; Металлургия урана и технология его соединений : курс лекций : в 3 частях. Ч. 1. ; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014 (5 экз.)
7. Бекман, И. Н.; Ядерные технологии : учебник для вузов.; Юрайт, Москва; 2020 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>)

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

Поисковая система <http://www.yandex.ru>

Поисковая система <http://www.google.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Радиохимические технологии ядерного топливного цикла

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Не требуется

	<p>санитарными правилами и нормами</p> <p>Выполнение работ проводится в радиохимической лаборатории III класса, а также в трех внеклассных радиохимических лабораториях.</p> <p>Лаборатории оснащены общехимическим оборудованием: цифровыми техническими и аналитическими весами, магнитными мешалками различных типов, рН-метрами, спектрофо-тометрами, термостатами, дистилляторами, сушильными шкапами, песчаными банями, печка-ми и т.п.</p> <p>Кроме того, лаборатории оснащены всем необходимым для проведения работ с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений, а также следующим оборудованием:</p> <ul style="list-style-type: none">- Гамма-спектрометр с детектором из особо чистого германия – GEM50-P4 с электроохладителем CFG-X-COOL-II-230; Ametec, Inc., США Детектор из особо чистого германия с относительной эффективностью регистрации 50%. Разрешение детектора по линии Co-57 122 кэВ не хуже 1,0 кэВ, по линии Co-60 1332 кэВ не хуже 1,9 кэВ. Соотношение пик/комpton не менее 64.- Энергодисперсионный рентгено- флуоресцентный спектрометр типа ARL Quant'X. Termo Fisher scientific, Австрия Диапазон определяемых элементов: от	
--	--	--

натрия (Na) до урана (U).
Пределы обнаружения: от 1 ppm до 100% в твердых, порошковых и жидких пробах.
Полупро-водниковый детектор Si(Li) с электроохлаждением
Пельтье для работы в воздушной, вакуум-ной и гелиевой средах. Параметры не хуже: температура охлаждения кристалла детектора – до -90°C, площадь кристалла -15 мм², глубина(толщина) кристалла – 3,5 мм, энергетическое раз-решение – не более 155 эВ (типичное 150 эВ при скорости счета до 100 000 имп./сек.), берил-лиевое окно 8 мкм.

- Полупроводниковый альфа-спектрометр “Прогресс” и ПЭВМ;
- Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ 1315 «Атомтех», размер сцинтилляционного детектора 63х63 мм.
- Гамма - радиометр РКГ-АТ1120(А), «Атомтех», размер сцинтилляционного детектора 63х63 мм.
- Радиометры бета- и альфа-излучения:
установка малого фона УМФ-1500М,
установка малого фона УМФ-2000,
- Дозиметр-радиометр ДКС-96
- Универсальный дозиметр ДКС-101

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Технологии производства радиоактивных
изотопов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Денисов Евгений Иванович	доктор технических наук, доцент	Профессор	радиохимии и прикладной экологии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Денисов Евгений Иванович, Профессор, радиохимии и прикладной экологии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Производство радиоактивных изотопов в ядерном реакторе и на циклотроне.	Стабильные и радиоактивные изотопы. Ядерные реакции под действием нейтронов и заряженных частиц. Уравнение накопления радионуклидов. Примеры расчета активности радионуклидов при их производстве в ядерном реакторе и на циклотроне. Ядерно-физические характеристики некоторых радионуклидов, используемых в ядерной медицине. Физико-химические аспекты ядерной технологии производства радионуклидов и меченых ими соединений. Получение радионуклидов в ядерном реакторе и технологии выделения индивидуальных радионуклидов. Деление или (n,f) реакции. Технологии производства молибдена-99. Методы выделения молибдена из смеси продуктов деления тяжелых ядер. Нейтронный захват или (n,g) реакции. Особенности стартовых мишеней для получения радионуклидов. Химическая переработка облученных мишеней. Получение радионуклидов с помощью ускорителей заряженных частиц и технологии выделения индивидуальных радионуклидов. Циклотронное производство радионуклидов. Технологии производства циклотронных радионуклидов (галлий-67, йод-123, индий-111, таллий-201). Получение короткоживущих изотопов. Технологии производства короткоживущих изотопов: углерод-11, азот-13, кислород-15, фтор-18.
P2	Классификация радионуклидов,	Ультра короткоживущие изотопы(УКЖ). Другие позитронные излучатели. Гамма- излучатели. Радионуклиды для

	используемых в ядерной медицине.	медицинских, биохимических и экологических исследований. Выбор оптимальных радионуклидов и радиофармпрепаратов для диагностики и терапии. Идеальный радионуклид для диагностики. Классификация радионуклидов по типу распада. Радионуклиды для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ). Радионуклиды для позитронно - эмиссионной компьютерной томографии (ПЭТ). Основные радионуклиды для диагностики. Основные радионуклиды и РФП для терапии. Принципы выбора радионуклидов для производства радиофармпрепаратов. Общие принципы получения изображений с помощью радиоизотопов. Аппаратура, применяемая в ядерной медицине. Планарная, динамическая и томографическая скintiграфия. Устройство и принцип действия гамма-камеры и позитронно-эмиссионного томографа.
Р3	Радионуклиды для терапии.	Бета- излучатели. Альфа- излучатели: Актиний-225/висмут-225. Изотопы трансурановых элементов. Альфа-излучающие радионуклиды в медицине. Общий анализ. Альфа-излучающие радионуклиды — производство и применение. Мишенная альфа-терапия. Система актиний-225/висмут-225 –цепь распада уран-233/торий 229. Обработка старых запасов с целью получения тория - 229. Реакторное получение тория - 229 из мишеней радия-226. Получение альфа-излучателей по спалогенным реакциям при облучении урана-238 или тория-232 протонами высоких энергий.
Р4	Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для медицины.	Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для медицины. Циклотронные, реакторные РН. Технологии изготовления изотопных генераторов и выделения индивидуальных радионуклидов. Генераторные радионуклиды 99Mo/99mTc. Преимущества генераторов технеция-99m для медицинской диагностики. Другие медицинские радиоизотопные генераторы. Элюенты для генераторов медицинского назначения. Сорбенты для хроматографических генераторов. Основные требования к сорбентам для радиоизотопных генераторов. Хроматографический оксид алюминия. Диоксид марганца. Модифицированный сорбент. Получение препаратов технеция-99m. РФП для позитронной эмиссионной компьютерной томографии. Оценка качества РФП. Радионуклидная чистота. Радиохимическая чистота. Химические примеси. Понятие стерильности и изотоничности. Методы стерилизации радиофармпрепаратов. Понятие апиrogenности. Физико-химический анализ. Потенциометрическое и колориметрическое определение pH. Определение радиохимической чистоты (РХЧ) методом бумажной и тонкослойной хроматографии. Типичная радиохроматограмма для РФП. Определение РХЧ методом электрофореза. Радиометрический анализ. Определение подлинности РФП по радионуклиду. Спектрометрическое измерение объёмной активности препарата и оценка радионуклидной чистоты (РНЧ). Контроль химической чистоты препарата методами спектрофотометрии и эмиссионного спектрального анализа. Биологические тесты. Контроль стерильности. Контроль

		апирогенности, фармакопейный тест на кроликах и ЛАЛ-тест. Контроль токсичности.
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии производства радиоактивных изотопов

Электронные ресурсы (издания)

1. , Баранов, В. Ю.; Изотопы: свойства, получение, применение : монография.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67604> (Электронное издание)
2. , Баранов, В. Ю.; Изотопы: свойства, получение, применение : монография.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67606> (Электронное издание)
3. Денисов, , Е. И., Бетенеков, , Н. Д.; Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/66586.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Кодина, Г. Е.; Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Ядерные физика и технологии".; МЭИ, Москва; 2014 (1 экз.)
2. Денисов, Е. И.; Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 240100 - Химическая технология.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2015 (5 экз.)
3. Денисов, Е. И., Бажуков, С. И.; Технологии производства радионуклидов в ядерной медицине : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 18.04.01 - Химическая технология.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2021 (3 экз.)
4. Бетенеков, Н. Д., Денисов, Е. И., Пузако, В. Д., Егоров, Ю. В.; Элементы радиометрии и спектрометрии ионизирующих излучений : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Химическая технология материалов современной энергетики".; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>)

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

Поисковая система <http://www.yandex.ru>

Поисковая система <http://www.google.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии производства радиоактивных изотопов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Оборудование, соответствующее требованиям	Не требуется

		<p>организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Выполнение работ проводится в радиохимической лаборатории III класса, а также внеклассных радиохимических лабораториях.</p> <p>Лаборатории оснащены общехимическим оборудованием: цифровыми техническими и аналитическими весами, магнитными мешалками различных типов, рН-метрами, спектрофо-тометрами, термостатами, дистилляторами, сушильными шкафами, песчаными банями, печка-ми и т.п.</p> <p>Кроме того, лаборатории оснащены всем необходимым для проведения работ с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений, а также следующим оборудованием:</p> <ul style="list-style-type: none">- Гамма-спектрометр с детектором из особо чистого германия – GEM50-P4 с электроохладителем CFG-X-COOL-II-230; Ametec, Inc., США Детектор из особо чистого германия с относитель-ной эффективностью регистрации 50%. Разрешение детектора по линии Co-57 122 кэВ не ху-же 1,0 кэВ, по линии Co-60 1332 кэВ не хуже 1,9 кэВ. Соотношение пик/комптон не менее 64.- Энергодисперсионный рентгено- флуоресцентный спектрометр типа ARL Quant'X. Termo Fisher scientific, Австрия Диапазон	
--	--	---	--

		<p>определяемых элементов: от натрия (Na) до урана (U). Пределы обнаружения: от 1 ppm до 100% в твердых, порошковых и жидких пробах. Полупро-водниковый детектор Si(Li) с электроохлаждением Пельтье для работы в воздушной, вакуум-ной и гелиевой средах. Параметры не хуже: температура охлаждения кристалла детектора – до -90°C, площадь кристалла -15 мм², глубина(толщина) кристалла – 3,5 мм, энергетическое раз-решение – не более 155 эВ (типичное 150 эВ при скорости счета до 100 000 имп./сек.), берил-лиевое окно 8 мкм.</p> <ul style="list-style-type: none">- Полупроводниковый альфа-спектрометр “Прогресс” и ПЭВМ;- Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ 1315 «Атомтех», размер сцинтилляционного детектора 63х63 мм.- Гамма - радиометр РКГ-АТ1120(А), «Атомтех», размер сцинтилляционного детектора 63х63 мм.- Радиометры бета- и альфа-излучения: установка малого фона УМФ-1500М, установка малого фона УМФ-2000,- Дозиметр-радиометр ДКС-96- Универсальный дозиметр ДКС-101	
--	--	---	--