

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 25.08.2025 № 25.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИИ ДЕЗАКТИВАЦИИ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

**14.05.02 Атомные станции:
проектирование, эксплуатация и инжиниринг**

направление/профиль

Радиационная безопасность атомных станций

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

- подготовка квалифицированных специалистов для выполнения работ по дезактивации оборудования, помещений, транспорта, территорий и других объектов, загрязненных радионуклидами.

Задачи изучения дисциплины:

- изучить физико-химические механизмы радиоактивного загрязнения и дезактивации;
- освоить классификацию, методы и технические средства дезактивации;
- научиться выбирать оптимальные способы и рецептуры для различных условий;
- приобрести навыки приготовления дезактивирующих растворов и работы с оборудованием.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) СПЕЦИАЛИТЕТА

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, и относится к общепрофессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Ядерная физика», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Физико-химические методы анализа», «Радиационная безопасность», «Химия».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Безопасность жизнедеятельности», «Транспортировка радиоактивных материалов», «Радиационная гигиена», «Инструментальные методы радиационного контроля», «Основы радиационной и радионуклидной медицины», «Методы расчета защиты», «Аварийная готовность и реагирование», «Радиационный контроль на АЭС», «Радиационная химия», «Производственный контроль и охрана труда на АЭС», выполнение научно-исследовательской работы, всех видов практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3	Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	З-ПК-3 Знать методы проведения исследований физических процессов; У-ПК-3 Уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок; В-ПК-3 Владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал
------------------	-------------------------	--------------------------

воспитания		дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры умственного труда (B11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение в реальные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин, профессионального модуля для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования критического мышления,

		умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20); Создание условий, обеспечивающих формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21); Создание условий, обеспечивающих формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры информационной безопасности (B23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры ядерной и радиационной безопасности (B24) ;	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а

	Создание условий, обеспечивающих формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25); Создание условий, обеспечивающих формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений (B26)	также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2. Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная гигиена», «Атомное право», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ» для формирования личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3. Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Информатика», «Принципы обеспечения безопасности АЭС», «Принципы обеспечения безопасности эксплуатации АЭС», «Критерии безопасности и оценки риска», «Ядерные технологии и экология топливного цикла», «Информационные и компьютерные технологии», «Физические основы получения информации», «Информационная безопасность», «Автоматизированная система управления технологическим процессом АЭС», «Системы управления и защиты ядерных энергетических установок» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокошелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и
--	--	---

		экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
--	--	---

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	64
В том числе:	
лекции	16
практические занятия (из них в форме практической подготовки)	32 (0)
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	16
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
зачет	-
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся	44
Всего (часы):	108
Всего (зачетные единицы):	3

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неде- ли	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы (в часах)				
			Очная форма обучения				
			Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-4	1.	Физико-химические основы загрязнения и классификация методов дезактивации	4	8	4	-	16
1-2	1.1.	Физико-химические основы (адгезия, адсорбция, диффузия).	2	4	2	-	8
3-4	1.2.	Классификация методов (механические, химические, физико-химические, высокотемпературные).	2	4	2	-	8
5-8	2.	Химическая дезактивация и методы интенсификации	4	8	4	-	16
5-6	2.1.	Химическая дезактивация металлов и неметаллов (кислоты, щёлочи, ПАВ,	2	4	2	-	8

		комплексоны).					
7-8	2.2.	Дезактивация оборудования и помещений АЭС (циркуляционные, пеносмывные технологии).	2	4	2	-	8
9-12	3.	Дезактивация транспорта, территорий и грунтов	4	8	4	-	16
9-10	3.1.	Дезактивация транспорта, спецтехники и СИЗ (пасты, гели, съёмные покрытия).	2	4	2	-	8
11-12	3.2.	Дезактивация территорий и грунтов (снятие слоя, биометоды, электрохимия).	2	4	2	-	8
13-16	4.	Специальные и перспективные технологии	4	8	4	-	20
13-14	4.1.	Физические методы: лазерная, плазменная, микроволновая и электрохимическая очистка	2	4	2	-	10
15-16	4.2.	Биологические методы, комбинированные технологии и автоматизация процессов	2	4	2	-	10
		Итого за 7 семестр:	16	32	16	-	44
		Всего:	16	32	16	-	44

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Недели	№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-4	1.	Физико-химические основы загрязнения и классификация методов	
1-2	1.1.	Физико-химические процессы радиоактивного загрязнения поверхностей	Виды радиоактивных загрязнений: фиксированные, слабофиксированные, нефиксированные (свободные). Механизмы удержания радионуклидов на поверхности: адгезия, адсорбция, диффузия, миграция по поверхности под действием влаги, температуры. Влияние состояния поверхности (шероховатость, коррозия, наличие масляных плёнок) на степень фиксации. Понятие «прочнофиксированные» и «слабофиксированные» загрязнения. Критерии различия (смываемость, температура отжига). Факторы, влияющие на адгезию: природа материала, pH среды, ионная сила, наличие органических примесей.
3-4	1.2.	Классификация методов дезактивации и общие принципы выбора	Обзор основных способов дезактивации: механические (обтирка, пылесос, дробеструйная, гидроабразивная, снятие слоя), химические (растворение, комплексообразование, окисление/восстановление), физико-химические (пенообразование, электрохимическая обработка, ультразвук, лазер, плазма), высокотемпературные (плавление, выжигание, остекловывание поверхности), комбинированные (химия + механика, термохимия и др.). Критерии выбора метода: тип нуклида (α, β, γ), уровень активности, материал поверхности, доступность объекта, экономическая целесообразность. Ключевые показатели эффективности: коэффициент дезактивации, коэффициент очистки, степень удаления активности. Влияние времени, температуры, концентрации реагентов на эффективность – качественные зависимости. Примеры применения различных методов для типовых объектов (ёмкости, трубопроводы, помещения, грунты).
5-8	2.	Химическая дезактивация и методы интенсификации	
5-6	2.1.	Химические реагенты и рецептуры дезактивации металлов и неметаллов	Основные группы химических реагентов: кислоты (азотная, щавелевая, лимонная, фтористоводородная) – растворение оксидных плёнок и гидрооксидов, щёлочи (NaOH, KOH) – удаление жировых и масляных загрязнений, поверхностно-активные вещества (ПАВ) – неионогенные, анионные, катионные – для улучшения смачивания и диспергирования, комплексообразователи (ЭДТА, ДТПА, оксалаты) – связывание ионов металлов с радионуклидами, окислители / восстановители

			(перманганат калия, перекись водорода) – изменение валентного состояния для облегчения растворения. Принципы составления рецептур для разных материалов: - Для нержавеющей стали – слабокислые составы с комплексоном. - Для углеродистой стали – ингибиторы коррозии (уротропин, роданиды). - Для алюминия и его сплавов – нейтральные или слабощелочные растворы. - Для бетона – кислотные пасты и гели, ограниченное время контакта. - Температурные режимы и длительность воздействия. Оптимизация расхода реагентов. Примеры типовых рецептур (например, раствор щавелевой кислоты + ЭДТА + ПАВ, смесь азотной и лимонной кислот и др.).
7-8	2.2.	Дезактивация оборудования и помещений АЭС. Пеносмывные и циркуляционные технологии	Особенности загрязнения в контурах охлаждения, на стенках бассейнов выдержки, в горячих камерах. Циркуляционная дезактивация (замкнутый контур): - Принцип: прокачка дезактивирующего раствора через систему с подогревом. - Удаление активированных коррозионных осадков (Со-60, Мп-54, Cs-137). - Режимы: окислительный этап (перманганат) + восстановительный (щавелевая кислота). Пеносмывные технологии: - Использование пены с химическими реагентами для обработки вертикальных и потолочных поверхностей. - Преимущества: снижение объёма жидких отходов, увеличение времени контакта. - Дезактивация вытяжных систем, фильтров вентиляции – методы пропитки и отмывки. - Оборудование для химической дезактивации (циркуляционные насосы, теплообменники, системы сбора отходов). - Техника безопасности при работе с агрессивными растворами.
9-12	3.	Дезактивация транспорта, территорий и грунтов	
9-10	3.1.	Дезактивация транспортных средств, спецтехники и средств индивидуальной защиты	Источники загрязнения колёсной техники, гусеничных машин, автомобилей. Особенности ходовой части, кузова, радиаторов, сидений. Применение пастообразных и гелеобразных составов – нанесение, выдержка, смыв. Составы на основе кислот/щелочей с загустителями (бентонит, силикагель). Съёмные полимерные покрытия – создание защитной плёнки перед работой в зоне загрязнения, удаление вместе с сорбированными радионуклидами. Дезактивация резинотехнических изделий (шины, шланги) и кожзамениителей (сиденья) – ограничение по кислотам, использование мягких моющих средств.

			Дезактивация СИЗ (комбинезоны, бахилы, перчатки): - Стирка с использованием ПАВ и комплексонов. - Применение ультразвуковых ванн для тканевых материалов. - Оценка эффективности стирки, допустимое число циклов использования. - Организация санитарных пропускников и моечных постов для техники.
11-12	3.2.	Дезактивация территорий и грунтов. Методы реабилитации	Характер загрязнения грунтов: поверхностный слой (до 20 см), распределение по фракциям (песок, глина, гумус). Методы дезактивации грунтов на месте: - Снятие верхнего загрязнённого слоя с последующим захоронением (вскрышные работы). - Глубокая обработка – перепашка с внесением сорбентов и химических реагентов, связывающих радионуклиды. - Фиторемедиация (выращивание растений-гипераккумуляторов) – для Cs, Sr. Методы с вывозом грунта на переработку: - Промывка водой с ПАВ и комплексонами – разделение на чистую и загрязнённую фракции. - Флотационная очистка – отделение лёгких частиц, несущих активность. - Электрохимическая обработка (электрокинетическое извлечение) – в лабораторных условиях, перспективы. Критерии принятия решения: объём загрязнения, уровень активности, доступность оборудования, сроки. Нормативные требования к остаточной активности грунтов (для возврата в хозяйственный оборот).
13-16	4.	Специальные и перспективные технологии	
13-14	4.1.	Физические методы: лазерная, плазменная, микроволновая и электрохимическая очистка	Лазерная дезактивация: - Принцип – испарение поверхностного слоя с загрязнением. - Параметры: длина волны, энергия импульса, частота, скорость сканирования. - Применение для высокоточных поверхностей (оборудование из спецсталей, оптические элементы). - Достоинства: безреагентная, сухая, мало отходов; недостатки: возможное изменение свойств материала. Плазменная (газоразрядная) очистка: - Использование плазмы низкотемпературной (ВЧ, СВЧ) для разложения органических загрязнений и удаления радионуклидов. - Примеры: очистка внутренних поверхностей труб, узлов насосов. Микроволновая дезактивация – нагрев материала с целью удаления влаги и летучих соединений, селективное выделение активности. Электрохимические методы: - Анодное растворение металлов с переводом

			активности в раствор. - Электроосмос – извлечение радионуклидов из пористых материалов (бетон, кирпич) под действием постоянного тока. - Сравнение с традиционными химическими методами: меньший расход реагентов, но большее энергопотребление. Ультразвуковая дезактивация (как физическое воздействие, усиливающее химическую очистку) – кавитационный эффект, применяется для мелких деталей и инструментов.
15-16	4.2.	Биологические методы, комбинированные технологии и автоматизация процессов	Биологические методы: - Использование микроорганизмов (бактерии, грибы) для биотрансформации или биосорбции радионуклидов. - Ферментативная обработка поверхностей – удаление органических плёнок, содержащих активность. - Фиторемедиация – растения-гипераккумуляторы (амброзия, подсолнечник) для очистки грунтов и воды. - Ограничения: длительность процессов, зависимость от условий среды. Комбинированные технологии: - Сочетание химической обработки с ультразвуком или лазерным предварительным облучением. - Термохимические методы – нагрев с одновременной подачей реагентов (например, паровая обработка с кислотами). - Примеры из практики: дезактивация крупных ёмкостей с помощью пенокислотной обработки с последующей УЗ-активацией. Автоматизация процессов дезактивации: - Роботизированные комплексы для работы в условиях высокого радиационного фона. - Дистанционное управление шланговыми системами, манипуляторами, лазерными головками. - Программное обеспечение для расчёта оптимальных режимов (метод конечных элементов, Монте-Карло). Тренды развития технологий: наночастицы для сорбции, мембранные методы, использование сверхкритических жидкостей. Экономическая оценка применения инновационных методов – снижение объёма РАО, уменьшение времени работ.

Недели	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-4	1.	Физико-химические основы загрязнения и классификация методов	
1-2	1.1.	Физико-химические процессы радиоактивного загрязнения поверхностей	1. Расчёт коэффициента дезактивации и эффективности.
3-4	1.2.	Классификация методов дезактивации и общие принципы выбора	2. Выбор метода по заданным условиям. 3. Расчёт потребного количества раствора. 4. Оценка влияния времени, температуры и перемешивания.
5-8	2.	Химическая дезактивация и методы интенсификации	
5-6	2.1.	Химические реагенты и рецептуры дезактивации металлов и неметаллов	5. Разработка рецептуры для конкретного случая.
7-8	2.2.	Дезактивация оборудования и помещений АЭС. Пеносмывные и циркуляционные технологии	6. Составление технологической карты дезактивации емкостного оборудования. 7. Разработка схемы циркуляционной промывки трубопровода. 8. Сравнительный анализ эффективности (работа с таблицами).
9-12	3.	Дезактивация транспорта, территорий и грунтов	
9-10	3.1.	Дезактивация транспортных средств, спецтехники и средств индивидуальной защиты	9. Планирование дезактивации транспортного средства. 10. Моделирование аварийной ситуации (принятие решений).
11-12	3.2.	Дезактивация территорий и грунтов. Методы реабилитации	11. Дезактивация грунтов – сравнение методов. 12. Оценка остаточной активности и соответствие нормам.
13-16	4.	Специальные и перспективные технологии	
13-14	4.1.	Физические методы: лазерная, плазменная, микроволновая и электрохимическая очистка	13. Сравнительный анализ альтернативных методов для разных нуклидов.
15-16	4.2.	Биологические методы, комбинированные технологии и автоматизация процессов	14. Расчёт параметров лазерной очистки (энергия, частота). 15. Разработка схемы электрохимической дезактивации трубопроводов. 16. Выбор метода для объекта с экономической оценкой. 17. Оценка рисков повреждения материалов. 18. Проектирование мобильной дезактивационной установки. 19. Разработка регламента применения биопрепаратов. 20. Защита проекта по выбору инновационной технологии.

Лабораторные занятия

Недели	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-4	1.	Физико-химические основы загрязнения и классификация методов	
1-2	1.1.	Физико-химические процессы радиоактивного загрязнения поверхностей	1. Определение степени фиксации загрязнений на разных поверхностях.
3-4	1.2.	Классификация методов дезактивации и общие принципы выбора	2. Изучение влияния концентрации моющего раствора на эффективность.
5-8	2.	Химическая дезактивация и методы интенсификации	
5-6	2.1.	Химические реагенты и рецептуры дезактивации металлов и неметаллов	3. Изучение ультразвуковой дезактивации (сравнение с промывкой).
7-8	2.2.	Дезактивация оборудования и помещений АЭС. Пеносмывные и циркуляционные технологии	4. Приготовление дезактивирующих паст и гелей, оценка очистки.
9-12	3.	Дезактивация транспорта, территорий и грунтов	
9-10	3.1.	Дезактивация транспортных средств, спецтехники и средств индивидуальной защиты	5. Испытание съёмных полимерных покрытий.
11-12	3.2.	Дезактивация территорий и грунтов. Методы реабилитации	6. Дезактивация образцов грунта (промывка, флотация, электрохимия).
13-16	4.	Специальные и перспективные технологии	
13-14	4.1.	Физические методы: лазерная, плазменная, микроволновая и электрохимическая очистка	7. Моделирование электрохимической очистки образцов.
15-16	4.2.	Биологические методы, комбинированные технологии и автоматизация процессов	8. Ультразвуковая очистка с варьированием частоты. 9. Применение сорбционных плёнок для удаления загрязнений. 10. Оценка изменения свойств материалов после физического воздействия.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену) обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций;
- основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (<http://elibrary.ru>).

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 7 семестр			
1.	Разделы 1-2	З, У, В - ПК-3	Контрольная работа №1
2.	Разделы 3-4	З, У, В - ПК-3	Контрольная работа №2
Промежуточная аттестация, 7 семестр			
	Зачет	З, У, В - ПК-3	Зачетный билет

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Семестр 7			
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
Контрольная работа №1	7	18	30

Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Контрольная работа №2</i>	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Зачет	-		
<i>Зачетный билет</i>	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
<i>90-100</i>	<i>5- «отлично»/ «зачтено»</i>	<i>A</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
<i>85-89</i>	<i>4 - «хорошо»/ «зачтено»</i>	<i>B</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
<i>75-84</i>		<i>C</i>	
<i>70-74</i>		<i>D</i>	
<i>65-69</i>	<i>3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»</i>	<i>D</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки,
<i>60-64</i>		<i>E</i>	

			нарушения логической последовательности в изложении программного материала
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009». [Электронный ресурс] Открытый доступ с 20-00 до 24-00, в выходные и праздничные дни на официальном сайте Правовой системы «Консультант плюс» [Официальный сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/>
2. ГОСТ Р 51966-2002 Загрязнение радиоактивное. Технические средства дезактивации. Общие технические требования [Текст]: государственный стандарт Российской Федерации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 14 с.
3. Акатов А.А., Коряковский Ю.С. Электрохимическая и ультразвуковая дезактивация радиоактивно загрязненных металлов: учебное пособие. – Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2020. – 40 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/193024> (дата обращения: 21.08.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Акатов А.А., Коряковский Ю.С. Дезактивация оборудования из металла окислительно-восстановительным (двухваннным) способом: учебное пособие. – Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2020. – 28 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/193026> (дата обращения: 21.08.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Черкашина Н.И. Радиационная безопасность: учебное пособие. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/261887> (дата обращения: 31.07.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная учебная литература:

1. Коротков А.Н., Зайцева Е.В. Химическая очистка оборудования ТЭС и АЭС: учебно-методическое пособие. – Иваново: ИГЭУ, 2021. – 132 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/296111> (дата обращения: 21.08.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная защита персонала организаций атомной отрасли: учебное пособие – М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 400 с.
3. Бореишо А.С., Бореишо В.А., Евдокимов И.М. и др. Лазеры: применения и приложения: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2026. – 520 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/518246> (дата обращения: 21.08.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Беспалов В.И. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита: учебное пособие для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – <https://urait.ru/bcode/490313>.

5. Акатов А.А., Коряковский Ю.С. Дезактивация парогенераторов ядерных энергетических установок с ВВЭР в процессе их вывода из эксплуатации: учебное пособие. – Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2020. – 84 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/193033> (дата обращения: 21.08.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Радиационная защита и безопасность источников излучения: международные основные нормы безопасности (№ GSR Part 3). – МАГАТЭ, ВЕНА, 2015.
7. Об основных нормах безопасности МАГАТЭ (ОНБ-2011) / Сост. Б.И. Сынзыныс, Т.В. Мельникова, О.А. Момот, Г.В. Лаврентьева, А.А. Удалова. Методическое пособие по курсу «Безопасность жизнедеятельности». – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2014. – 32 с.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Научно-практический журнал «Радиационная гигиена» [Официальный сайт]. – URL: <http://www.radhyg.ru/>
2. Национальный радиационно-эпидемиологический регистр (НРЭР) [Официальный сайт]. – URL: <http://www.nrer.ru/>
3. Международная комиссия по радиологической защите МКРЗ (ICRP) [Официальный сайт]. – URL: <http://www.icrp.org/>
4. Госкорпорация Росатом [Официальный сайт]. – URL: <http://www.rosatom.ru/>
5. Ростехнадзор [Официальный сайт]. – URL: <http://www.gosnadzor.ru/>
6. МАГАТЭ [Официальный сайт]. – URL: <http://www.iaea.org>
7. Российское атомное сообщество [Официальный сайт]. – URL: <http://www.atomic-energy.ru/>
8. Единая система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) [Официальный сайт]. – URL: <http://www.niirg.ru/ESKID.htm>
9. Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО) [Официальный сайт]. – URL: <http://egaskro.ru/>
10. Правовая система «Консультант плюс» [Официальный сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для оптимальной организации работ по изучению дисциплины студентам следует придерживаться следующих рекомендаций.

В течение семестра студенты должны изучать теоретический материал в соответствии с программой курса, выполнять предложенные преподавателем задания к практическим занятиям и самостоятельной работе, готовиться к текущей и промежуточной аттестации, прорабатывая необходимый материал согласно перечню терминов, контрольных вопросов и списку рекомендованной литературы.

Студент должен вести конспект лекций - кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Во время самостоятельной проработки лекционного материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным терминам, спорным точкам зрения. Такие моменты следует выделить или выписать отдельно для дальнейшего обсуждения на семинарском занятии. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Практические занятия требуют активного участия всех студентов в обсуждении вопросов, выносимых на семинар. Поэтому важно при подготовке к ним продумать вопросы, которые хотелось бы уточнить. Возможно расширение перечня рассматриваемых вопросов в рамках темы по желанию и предложению обучающихся.

Материал к занятиям можно подобрать в периодических изданиях научного и прикладного характера, выявляя тот, который имеет отношение к современным проблемам радио. Аналитический разбор подобных публикаций помогает пониманию и усвоению теоретического материала, формирует навыки использования различных подходов, решения стандартных задач, развивает способность к нестандартным решениям.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине предполагает более глубокую проработку ими отдельных тем курса, определенных программой. Основными видами и формами самостоятельной работы студентов по данной дисциплине являются:

- проработка учебного (теоретического) материала
- подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка сообщений и докладов к семинарским занятиям;
- подготовка к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, в том числе выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к зачету.

В процессе изучения данной дисциплины учитывается посещаемость лекций, оценивается активность студентов на семинарских занятиях, а также качество и своевременность подготовки теоретических материалов и практических заданий.

При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материалы семинарских занятий, рекомендуемую литературу и др.

Условием успешного освоения материала и сдачи текущего и промежуточного контроля является систематическая работа в соответствии с учебным планом.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование компьютерного тестирования;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
- Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, www.consultant.ru (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, www.book.ru;
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, www.iprbooks.ru;
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru»,
- 9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Технологии дезактивации (Лекции и практические занятия)	Учебная аудитория (№№) Мультимедиа-проектор Проекционный экран Ноутбук Доска для написания мелом или фломастером
Технологии дезактивации (лабораторные работы)	Учебная лаборатория «Экологический контроль объектов ЯТЦ» (№ 1-608-612) Лаборатория «Неэнергетическое применение ядерной энергии» (2- №110)

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При преподавании дисциплины применяются разнообразные образовательные технологии, включающие пассивные, активные и интерактивные формы проведения занятий.

Активные формы занятий включают: проблемную лекцию, лекции-визуализации, лекции-беседы, семинары и семинары-беседы. Лекционный курс и практические занятия сопровождаются мультимедийными презентациями.

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы, выносимые для самостоятельного изучения

1. Нормативно-правовая база радиационной защиты при дезактивации (НРБ, ОСПОРБ, СанПиН).
2. Методы радиационного контроля поверхностей и пробоотбор.
3. Опыт дезактивации крупных объектов после аварий (ЧАЭС, Фукусима, Кыштым).
4. Физико-химическое моделирование процессов дезактивации (кинетика, диффузия, равновесия).
5. Экономическая оценка и сравнение технологий дезактивации.
6. Оценка риска повреждения материалов при различных методах очистки.
7. Специфика техники безопасности при химических и физических методах дезактивации.

Вопросы для самоконтроля

Модуль 1 (Физико-химические основы и классификация)

1. Виды загрязнений по степени фиксации.
2. Механизмы адгезии и адсорбции.
3. Факторы, влияющие на диффузию радионуклидов.
4. Основные группы методов дезактивации.
5. Расчёт коэффициента дезактивации.
6. Влияние температуры, времени и перемешивания.

Модуль 2 (Химическая дезактивация и интенсификация)

7. Типы химических реагентов (кислоты, щёлочи, ПАВ, комплексоны, окислители).
8. Роль ингибиторов коррозии.
9. Отличие комплексонов от простых кислот.
10. Принцип циркуляционной дезактивации.
11. Преимущества пеносмывных технологий.
12. Особенности выбора рецептуры для разных металлов.

Модуль 3 (Дезактивация транспорта, территорий и грунтов)

13. Почему ходовая часть загрязняется сильнее.
14. Составы паст и гелей, их применение.
15. Суть съёмных полимерных покрытий.
16. Методы дезактивации грунтов на месте и с вывозом.
17. Сорбционная способность разных фракций почвы.
18. Фиторемедиация и её эффективность.

Модуль 4 (Специальные и перспективные технологии)

19. Физический принцип лазерной дезактивации.
20. Области применения плазменной очистки.

21. Электрохимическая дезактивация бетона.
22. Роль ультразвука как интенсификатора.
23. Примеры биологических методов очистки.
24. Основные направления автоматизации процессов.

Типовые задания для самопроверки

1. Расчёт коэффициента дезактивации и эффективности очистки.
2. Выбор оптимального метода дезактивации по заданным условиям (поверхность, нуклид, фиксация).
3. Расчёт потребного объёма дезактивирующего раствора.
4. Оценка влияния времени экспозиции (экстраполяция или анализ данных).
5. Ситуационная задача – разработка последовательности обработки объекта (техника, помещение, грунт).
6. Оценка остаточной активности и соответствие нормативным значениям.
7. Расчёт количества образующихся жидких РАО и выбор способа их переработки (в рамках курса – в ознакомительном порядке).

14.3. Краткий терминологический словарь

Адгезия – это физическое явление прилипания радиоактивных частиц к поверхности за счёт межмолекулярных взаимодействий. Она зависит от шероховатости, химической природы материала и наличия промежуточных слоёв (например, масляных плёнок). Сильная адгезия приводит к образованию фиксированных загрязнений.

Адсорбция – это процесс поглощения радионуклидов поверхностным слоем материала с образованием тонкого слоя атомов или молекул. Различают физическую адсорбцию (обратимую) и химическую (хемосорбцию), при которой образуются прочные поверхностные соединения. Адсорбция играет ключевую роль в закреплении радиоактивных элементов на металлах, бетоне и почвах.

Гидроабразивная очистка – это механический способ удаления загрязнённого слоя с помощью струи воды под высоким давлением, в которую подаются абразивные частицы (песок, корунд, дробь). Она применяется для грубой очистки бетонных полов, металлических конструкций и техники. Недостатком является образование большого количества вторичных отходов (пульпы).

Дезактивация – это процесс удаления радиоактивных загрязнений с поверхностей, материалов, оборудования, транспортных средств, территорий и средств индивидуальной защиты. Она может проводиться механическими, химическими, физико-химическими или комбинированными способами. Целью дезактивации является снижение активности до уровней, установленных нормативными документами, либо до фоновых значений.

Диффузия – это проникновение радионуклидов вглубь материала через поры, микротрещины и межкристаллитные границы под действием градиента концентрации. Глубина диффузии увеличивается со временем и при повышении температуры. Для бетона она может достигать нескольких миллиметров, а для металлов – десятых долей миллиметра.

Зонирование при дезактивации – это разделение рабочей площадки на три зоны: «грязную» (место производства работ), «промежуточную» (контрольно-дозиметрический контроль и переодевание) и «чистую» (размещение незагрязнённого персонала и оборудования). Такое зонирование предотвращает перенос радиоактивных частиц за пределы опасной зоны и обеспечивает радиационную безопасность. Границы зон строго обозначаются и контролируются.

Ингибитор коррозии – это химическая добавка, которая замедляет разрушение металла в

кислых или щелочных средах. При дезактивации ингибиторы (например, уротропин, роданиды) добавляют в рецептуры для защиты обрабатываемых стальных поверхностей от коррозии. Без ингибиторов агрессивные растворы могут вывести оборудование из строя.

Комплексоны (хелатообразователи) – это органические вещества (этилендиаминтетрауксусная кислота – ЭДТА, диэтиленetriаминпентауксусная – ДТПА), которые образуют устойчивые комплексные соединения с ионами металлов. Они связывают радионуклиды (особенно кобальт, стронций, цезий) в растворимые комплексы, что предотвращает их повторное осаждение. Комплексоны широко применяются в химической дезактивации оборудования.

Кондиционирование РАО – это переработка радиоактивных отходов с целью придания им физико-химической формы, пригодной для безопасного длительного хранения или захоронения. Основные методы – цементирование (заливка в бетонные контейнеры), битумирование (заключение в битумную матрицу) и остекловывание (стеклование). Кондиционирование значительно снижает риск миграции радионуклидов в окружающую среду.

Коэффициент дезактивации - это безразмерный показатель, равный отношению начальной удельной активности поверхности к остаточной активности после обработки. Он позволяет объективно сравнивать эффективность различных методов и рецептур. Чем выше коэффициент, тем лучше очищена поверхность.

Лазерная дезактивация – это технология удаления радиоактивного слоя путём испарения (абляции) материала под действием мощного лазерного импульса. Она не требует применения жидкостей и реагентов, что исключает образование жидких РАО. Метод подходит для высокоточных поверхностей, но требует контроля, чтобы не повредить основной материал.

Мобильная дезактивационная установка – это передвижной технический комплекс (на шасси автомобиля или прицепа), оснащённый ёмкостями для реагентов, насосами, устройствами для нагрева и сбора отходов. Она позволяет проводить дезактивацию непосредственно на объекте без транспортировки загрязнённого оборудования. Такие установки используются при ликвидации аварий и для очистки техники в полевых условиях.

Нефиксированное (свободное) загрязнение – это радиоактивные частицы, которые удерживаются на поверхности слабыми физическими силами (электростатические, ван-дер-ваальсовы, капиллярные). Они легко удаляются механическим способом, например, пылесосом, влажной обтиркой или струёй воды. Такое загрязнение характерно для свежих выпадений или непрочных осыпающихся отложений.

Остаточная активность – это уровень радиоактивного загрязнения поверхности или объекта, который сохраняется после проведения дезактивационных работ. Её измеряют с помощью дозиметрических приборов и сравнивают с регламентированными допустимыми значениями. Если остаточная активность превышает норму, дезактивацию повторяют или применяют более жёсткие методы.

Паста или гель для дезактивации – это вязкая композиция, состоящая из дезактивирующих реагентов (кислот, щелочей, ПАВ) и загустителя (бентонит, силикагель, целлюлоза). Она наносится шпателем или кистью на локальные участки с сильным загрязнением и не стекает с поверхностей. После выдержки пасту смывают водой, при этом достигается высокий коэффициент дезактивации без повреждения основного материала.

Пеносмывная дезактивация – это технология, при которой на поверхность наносится пена, содержащая активные реагенты (кислоты, ПАВ, комплексоны). Пена удерживается на вертикальных и потолочных поверхностях в течение длительного времени, обеспечивая глубокое воздействие. После выдержки пена смывается, при этом объём жидких отходов значительно меньше, чем при обычной промывке.

Плазменная (газоразрядная) дезактивация – это обработка поверхности низкотемпературной плазмой, генерируемой высокочастотным или сверхвысокочастотным разрядом. Плазма разлагает органические соединения и способствует десорбции радиоактивных частиц. Этот

метод применяется для очистки внутренних полостей сложной формы и чувствительных оптических элементов.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это органические соединения, которые снижают поверхностное натяжение воды и улучшают смачивание загрязнённой поверхности. Они способствуют отрыву частиц и их диспергированию в растворе. В дезактивации используются неионогенные, анионные и катионные ПАВ в составе моющих композиций.

Радиоактивные отходы (РАО) – это материалы и вещества, содержащие радионуклиды в концентрациях, превышающих установленные допустимые уровни, и не подлежащие дальнейшему использованию. При дезактивации образуются жидкие РАО (отработанные растворы, пульпы), твёрдые (фильтры, снятые слои, загрязнённая ветошь) и газообразные (аэрозоли). Все они требуют специального обращения и переработки.

Реабилитация территорий – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на снижение радиоактивного загрязнения почв, поверхностных вод и растительности до уровней, безопасных для проживания населения и хозяйственной деятельности. Она включает дезактивацию грунтов, очистку водоёмов и восстановление природных экосистем. Решение о реабилитации принимается на основе радиационного мониторинга и нормативных критериев.

Съёмное полимерное покрытие – это защитная плёнка (на основе латекса, силикона или поливинилового спирта), которую наносят на чистую поверхность перед проведением работ в радиоактивной зоне. После контакта с загрязнениями плёнка застывает и снимается вместе с сорбированными радионуклидами. Этот метод эффективен для защиты оборудования и позволяет снизить объём образующихся РАО.

Ультразвуковая дезактивация – это метод очистки мелких деталей, инструментов и образцов в жидкости под воздействием ультразвуковых колебаний. Кавитационные пузырьки создают микротоки и локальные ударные волны, которые отрывают загрязнения даже из труднодоступных углублений. Часто ультразвук применяют в сочетании с химическими растворами для повышения эффективности.

Фиксированное (прочносвязанное) загрязнение – это радионуклиды, которые внедрились в структуру материала за счёт химических реакций, диффузии в поры или адсорбции на глубоких дефектах. Такое загрязнение невозможно удалить простой промывкой или обтиркой, оно требует снятия поверхностного слоя или применения агрессивных реагентов. Обычно оно образуется при длительном контакте с радиоактивными средами.

Фиторемедиация – это биологический метод очистки загрязнённых грунтов и водоёмов с помощью растений, способных накапливать радионуклиды (особенно цезий-137 и стронций-90) в своей биомассе. После выращивания такие растения собирают и утилизируют как РАО. Метод экологичен, но требует длительного времени и подходит только для неглубокого загрязнения.

Циркуляционная дезактивация – это метод очистки замкнутых гидравлических систем (трубопроводов, контуров охлаждения), при котором дезактивирующий раствор многократно прокачивается через систему с подогревом. Процесс часто включает окислительный этап (перманганат калия) для разрыхления отложений и восстановительный (щавелевая кислота) для растворения. Этот метод позволяет обрабатывать труднодоступные внутренние поверхности.

Электрохимическая дезактивация – это метод, основанный на электролизе или наложении постоянного электрического поля на пористую среду (бетон, грунт). При анодной обработке металл растворяется вместе с оксидной плёнкой, увлекая радионуклиды. Электроосмос позволяет извлекать ионы из глубины материалов без их механического разрушения.

Эффективность дезактивации(η) – это процентное выражение доли удалённой радиоактивности. Она показывает, какая часть исходного загрязнения была снята. Значение 99% означает, что осталось всего 1% от первоначальной активности.

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала

(понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры экзамена. В таком случае экзамен сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составили:

_____ **Т.В. Мельникова**
доцент отделения ядерной физики и технологий (О),
кандидат химических наук

_____ **А.А. Удалова**
профессор отделения ядерной физики и технологий (О),
доктор биологических наук

Рецензенты:

_____ **Б.И. Сынзыныс**
профессор отделения ядерной физики и технологий (О),
доктор биологических наук, профессор

_____ **Н.В. Кузнецов**
начальник участка дозиметрии и радиационного контроля реактора
и производства радиофармпрепаратов Отдела радиационной
безопасности и радиационного контроля службы ядерной,
промышленной и радиационной безопасности,
НИФХИ им. Л.Я. Карпова