Рабочая программа дисциплины (модуля) «Переработка и захоронение радиоактивных отходов», включая оценочные материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	-
Профессиональные	-	ПК-3. Способен осуществлять технологический процесс обращения, хранения, транспортировки и переработки ядерного топлива и иных ядерных материалов в соответствии с регламентом, с соблюдением норм охраны труда, правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной и ядерной безопасности

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-3	ПК-3.4	Осуществляет и контролирует процесс сбора, хранения и переработки ядерных материалов и радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с радиоактивными отходами

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – формирование у студентов знаний научных и технологических основ утилизации, обезвреживания и очистки отходов различного происхождения, в том числе радиохимического производства и атомных станций.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- основные параметры, технические характеристики технологического оборудования;
- устройство и назначение аппаратуры;
- типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов в гидрометаллургии;
- основы подготовки отработанного ядерного топлива к растворению (хранение, транспортировка, охлаждение, расчехловка кассет, отделение наконечников, снятие оболочек, резка), саморастворение, экстракционное разделение урана, плутония, нептуния и их очистку от продуктов деления, аффинажные операций с ураном, плутонием и нептунием;
- неводные процессы переработки отработанного ядерного топлива (фторидная технология, пиропроцессы), способы улавливания радиоактивных и ценных нуклидов из газовой фазы;
- основы построения технологических схем с учетом типа и состава ядерного топлива, конструкционных материалов ТВЭЛов, степени выгорания, природы экстрагента и растворителя;
- перспективные схемы с получением ценных нуклидов из числа трансплутониевых элементов и продуктов деления;
- основы подготовки отработанного ядерного топлива к растворению (хранение, транспортировка, охлаждение, расчехловка кассет, отделение наконечников, снятие оболочек, резка), само растворение, экстракционное разделение урана, плутония, нептуния и их очистку от продуктов деления, аффинажные операций с ураном, плутонием и нептунием;
- принцип действия аппарата;
- методы оценки эффективности производства;

- общие закономерности химических процессов в технологии редких и радиоактивных элементов;

уметь:

- составить технологическую схему проектируемого производства;
- правильно выбрать конструкции аппаратов и материалы для их изготовления;
- рассчитать количество и основные характеристики аппаратов, обеспечивающих заданную производительность;
- на основе имеющихся исходных данных правильно организовывать технологический процесс, обеспечивающий получение ценных компонентов, отвечающий требованиям ТУ и ГОСТов;
- выбирать конструкционные материалы и оборудование для обеспечения оптимальных условий проведения процессов;
- проводить исследования с применением радиоактивных нуклидов по очистке урана и плутония ионообменными, экстракционными и осадительными методами;

владеть:

- информацией о месте РАО в общей системе радиоэкологической безопасности;
- информацией об основных методах переработки РАО и границах их применимости;
- современными методами обработки и представления информации.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	***Формы обучения***
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	4/144
Контактная работа:	72
Занятия лекционного типа	36
Занятия семинарского типа	36
Консультации	0
Промежуточная аттестация: зачет с оценкой	0
Самостоятельная работа (СР)	72

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	**Наименование тем (разделов)**	**Виды учебной работы (в часах)**						
		Контактная работа						**СР**
		Занятия лекционного типа		**Занятия семинарского типа**				
		Л	**Иные**	**ПЗ**	**С**	**ЛР**	**Иные**	
1.	Введение. Общая характеристика РАО	6	0	6	0	0	0	12
2.	Сбор и транспортировка РАО	6	0	6	0	0	0	12
3.	Обезвреживание и очистка газообразных РАО	6	0	6	0	0	0	12
4.	Обезвреживание и очистка жидких РАО	6	0	6	0	0	0	12
5.	Отверждение жидких РАО	6	0	6	0	0	0	12
6.	Методы обращения с твердыми РАО	6	0	6	0	0	0	12

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Введение. Общая характеристика РАО	**Источники образования РАО.** Техногенные источники, пути и причины загрязнения биосферы радиоактивными нуклидами. Ядерный топливный цикл. РАО ЯТЦ и не связанные с ЯТЦ. Схемы ядерных топливных циклов: открытого, замкнутого. Основные загрязняющие факторы предприятий открытого и замкнутого ЯТЦ. **Классификация радиоактивных отходов** по агрегатному состоянию, уровню активности, химическому и радиохимическому (бета-, альфа-излучающие, трансурановые радионуклиды). Понятие «уровень вмешательства для питьевой воды». Характер РАО, образующихся на различных стадиях ЯТЦ. Краткая характеристика радиоактивных отходов урановых рудников и урановых производств; аварийных и отработавших ресурс ядерных реакторов АЭС, атомных ледоколов и подводных лодок; радиохимических лабораторий. Делящиеся материалы накопленного ядерного оружия. Отходы действующих атомных электростанций (АЭС). Загрязнение биосферы при испытании ядерного оружия. Радиоактивные отходы радиохимического производства. Аварийное загрязнение биосферы: загрязнение поймы реки Теча, создание Теченского каскада водоемов, Южно-Уральский выброс 1957 г., Чернобыльская авария 1986 г. и др.
2.	Сбор и транспортировка РАО	Особенности организации и размещения пунктов сбора РАО. Нормативные требования. Система спецкомбинатов «Радон». Организация транспортировки РАО. Техническое исполнение и нормативные требования. Конструкция контейнеров для транспортировки РАО.
3.	Обезвреживание и очистка газообразных РАО	**Классификация и общая характеристика радиоактивных газообразных отходов.** Обезвреживание радиоактивных газообразных отходов методом рассеивания в атмосфере. **Методы очистки газообразных отходов от аэрозолей.** Осадительные методы: гравитационное осаждение, сухое инерционное и сухое центробежное отделение аэрозолей; электростатическое осаждение; промывка и влажная очистка газов (основы методов; схемы аппаратов, эффективность, условия применения). Фильтрационные методы: фильтрующие материалы, типы, схемы фильтров, их применение, эффективность (фильтры мешочного и рукавного типа, цилиндрические, коротчатые. Зернистые фильтры). **Радиоактивные изотопы йода, методы очистки газообразных отходов от йода.** Схемы реакций образования изотопов йода при делении ЯТ и их распада, периоды полураспада. Поведение йода при химической переработке отработавшего ядерного топлива; степени окисления йода; состояние йода в газовой фазе; поведение йода при очистке газообразных отходов от аэрозолей. Методы, применяемые для очистки радиоактивных газообразных отходов от йода: выдержка и фильтрация отходов; применение нитрата серебра и нитрата ртути; щелочной метод; адсорбция йода активированным углем. Комбинированные схемы улавливания йода. **Радиоактивные изотопы рутения и методы очистки радиоактивных газообразных отходов от рутения.** Основные изотопы рутения среди продуктов деления ЯТ, схемы образования и их распада, ДК рутения в воздухе. Степени окисления рутения, состояние его в газовой фазе, летучесть четырехокиси; поведение рутения при химической переработке отработавших ТВЭЛов, при упаривании и остекловывании отходов. Методы очистки радиоактивных газообразных

		отходов от рутения: поглощение рутения в скруббере раствором едкого натра; улавливание рутения оксидом железа и оксидом марганца. **Очистка газообразных отходов от радиоактивных благородных газов (РБГ).** Накопление РБГ в ядерном топливе: криптон-85, ксенон-133 и др. Методы очистки газообразных отходов от РБГ: адсорбция активированным углем; адсорбция жидкостями-фреонами, четыреххлористым углеродом, жидким диоксидом углерода; низкотемпературная дистилляция и др. Состояние и перспективы проблем улавливания РБГ. **Удаление трития.** Накопление трития в ядерном топливе. Поведение трития в процессе его накопления, при хранении и химической переработке ТВЭЛов. Методы удаления трития. Термоокислительная обработка ТВЭЛов (до их растворения) и улавливание тритиевой воды; удержание основного количества трития в водном растворе на начальных стадиях переработки ТВЭЛов.
4.	Обезвреживание и очистка жидких РАО	**Способы обращения с ЖРО**: разбавление и сброс в окружающую среду; долговременное контролируемое хранение; переработка. Пути и примеры реализации. Сброс жидких отходов в реки, моря, океаны: правовые нормы, техника, примеры, поведение радионуклидов в водоемах. Загрязнение р.Теча до 1952 г. Подземное захоронение жидких НАО: правовые основы, условия, варианты, контроль за распространением радиоактивных нуклидов. Общая схема переработки ЖРО (сбор, хранение, очистка, сброс в захоронение, отверждение, утилизация). **Способы переработки ЖРО.** Классификация методов (механические, физико-химические и физические, химические). Усреднение. **Механические методы очистки.** Гравитационные, центробежные, фильтрационные методы. Устройство и режимы работы очистного оборудования. **Коагуляция и флокуляция.** Задачи и физико-химические основы методов. Способы интенсификации процессов. Применяемые реагенты и оборудование. **Термические методы переработки ЖРО.** Дистилляция и упаривание – решаемые задачи. Вымораживание. Принцип разделения компонентов. Схема процесса упаривания, аппаратура, способы подвода тепла, степень концентрирования ЖРО, степень очистки конденсата, недостатки процесса. Причина уноса загрязняющих компонентов с конденсатом. Аэрозольный унос, пенообразование. Причины ограничения степени концентрирования. Способы борьбы с недостатками процесса. Применение метода выпаривания для очистки САО. Регенерация азотной кислоты. **Сорбционные и осадительные методы очистки ЖРО.** Осадительные методы очистки ЖРО: блок-схема процесса, применяемые малорастворимые соединения, соосаждаемые радиоактивные нуклиды, основные условия, аппаратура для процессов осаждения, разделения фаз, дополнительной очистки осветленных растворов от взвесей; эффективность процессов; методы сокращения объема пульпы. Очистка ЖРО методом ионного обмена: применяемые иониты; органические и неорганические сорбенты, тонкопленочные сорбционные материалы; характеристики сорбентов; схемы процессов; аппаратура; насыпные, патронные фильтры и фильтры с подвижным слоем сорбента; основные условия применения метода; эффективность. **Мембранные методы очистки ЖРО.** Принципы функционирования методов. Классификация мембранных

		методов по движущей силе процессов разделения (баро-, электромембранные процессы, мебранная дистилляция) и по размеру задерживаемых компонентов (микро-, ультра-, нанофильтрация, обратный осмос). Границы применимости, достоинства и недостатки методов. Аппаратурное оформление процессов. Структура мембран (анизотропные, композитные) и способы их упаковки. Схемы очистки ЖРО мембранными методами. Совместное применение реагентных и мембранных методов очистки ЖРО. **Экстракционное извлечение долгоживущих радионуклидов из ВАО** – задачи, способы, типы экстрагентов и экстракционных схем, их достоинства и недостатки. **Методы очистки ЖРО от органических соединений.** ПАВ как один из основных типов органических компонентов ЖРО. Классификация методов переработки ЖРО, содержащих ПАВ. Методы удаления и методы деструкции ПАВ. Химические, физические и биохимические методы деструкции ПАВ. Озонирование – принцип действия, аппаратурное оформление, достоинства и недостатки метода. **Жидкие отходы высокого уровня активности (ВАО).** Происхождение и состав жидких высокоактивных отходов, их объем в расчете на одну тонну ядерного топлива (ЯТ). Концентрирование жидких ВАО. Особенности проведения процесса, связанные с уровнем активности и химическим составом ВАО. Аппаратурное оформление процесса упаривания ВАО. Хранение жидких ВАО и САО в емкостях (временное и долговременное хранение; требования, предъявляемые к емкости для хранения; необходимые системы, обеспечивающие безопасное хранение).
5.	Отверждение жидких РАО	Основные цели отверждения ЖРО. **Высокотемпературные методы** отверждения ЖРО (сушка, кальцинация, спекание и остекловывание). Физико-химические основы процессов отверждения. Свойства получаемых материалов и условия их хранения. Аппаратурное оформление обезвоживания и кальцинации (тигельная кальцинация, горизонтальный кальцинатор, распылительная кальцинация, кальцинация в псевдоожиженном слое). Испарители и сушилки (роторно-пленочный концентратор, вальцовая сушилка и т.д.). Аппаратурное оформление процесса остекловывания ВАО. Способы подвода тепла. Керамические плавители джоулевого нагрева. Осуществление процесса обезвоживания, кальцинации и плавления в одном аппарате на примере печи ЭП-500. Плавители с индукционным нагревом. Хемотермия (СВС). Получение керамических материалов, минералоподобных кристаллических продуктов. Включение в металлические матрицы. **Низкотемпературные методы** отверждения САО и НАО (цементирование, включение в полимерные материалы, битумирование). Физико-химические основы процессов отверждения. Свойства получаемых материалов и условия их хранения. Границы применимости различных методов отверждения. Степень включения отходов в отвержденный материал (компаунд). Способы улучшения свойств отвержденных материалов (модифицирующие добавки, параметры процесса отверждения). Аппаратурное оформление процессов низкотемпературного отверждения. Непрерывный и периодический режим отверждения. Смешение в шнеке, объемный смеситель, дисковый смеситель, использование «потерянной мешалки». Роторно-пленочный битуматор. **Свойства отвержденных РАО.**

		Водостойкость отвержденных РАО (скорость, степень выщелачивания радионуклидов, вымывание матричных компонентов, методики оценки, факторы, влияющие на скорость процессов). Термическая и радиационная стойкость отвержденных отходов, их теплофизические свойства. Биологическая устойчивость, механическая прочность компаундов. **Хранение и захоронение отвержденных отходов.** Нормативные требования к местам хранения и захоронения отвержденных РАО. Способы организации хранилищ. Приповерхностные и подземные хранилища. Принцип многобарьерной защиты от распространения радионуклидов за пределы хранилища. Инженерные барьеры. Создание хранилищ отходов в глубоких геологических формациях (массивы глины, каменной соли, скальных пород).
6.	Методы обращения с твердыми РАО	Высокоактивные твердые отходы – оболочки ТВЭЛов и конструкционные материалы тепловыделяющих сборок; их накопление и активность; принятые условия хранения; изучаемые методы хранения и утилизации. Средне- и низкоактивные твердые отходы; их происхождение, состав, сортировка; метод обработки сжигаемых и несжигаемых материалов; фрагментация и прессование ТРО, дезактивация, переплавка.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Введение. Общая характеристика РАО	ПЗ	1. Диаграмма потоков топлива и отходов открытого и замкнутого ЯТЦ для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах. 2. Виды и особенности воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду.
2.	Сбор и транспортировка РАО	ПЗ	1. Основные биологически значимые радионуклиды, содержащиеся в отходах ЯТЦ начального цикла (урановый рудник, гидрометаллургический и аффинажный заводы). 2. Переработка радиоактивных отходов путем трансмутации.
3.	Обезвреживание и очистка газообразных РАО	ПЗ	1. Классификация газообразных радиоактивных отходов. 2. Очистка газообразных РАО от аэрозолей. 3. Очистка газообразных РАО от радиоактивных благородных газов. 4. Очистка газообразных РАО от радиоактивных изотопов йода.
4.	Обезвреживание и очистка жидких РАО	ПЗ	1. Переработка ЖРО и закачка в глубинные пласты: достоинства и недостатки подходов к обращению с ЖРО. 2. Типы сорбентов, применяемых в России для очистки ЖРО. Схема патронного намывного фильтра и насыпного фильтра.
5.	Отверждение жидких РАО	ПЗ	1. Переработка ЖРО и закачка в глубинные пласты: достоинства и недостатки подходов к обращению с ЖРО. 2. Типы сорбентов, применяемых в России для очистки ЖРО. Схема патронного намывного фильтра и насыпного фильтра.
6.	Методы обращения с твердыми РАО	ПЗ	1. Метод коагуляции. Основные реагенты, используемые в процессе коагуляции. Принцип работы и схема контактного осветлителя. 2. Метод электродиализа. Устройство электродиализатора. Основные достоинства и недостатки.

			3. Методы оценки свойств отвержденных РАО (радиационной, термической и водостойкости). 4. Способы математического представления гидролитической стойкости отвержденных РАО. 5. Остекловывание РАО. Типы используемых стеклообразных матриц. Способы подвода тепла. 6. Использование неорганических вяжущих материалов для отверждения ЖРО. Цементирование отходов.

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Введение. Общая характеристика РАО	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
2.	Сбор и транспортировка РАО	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
3.	Обезвреживание и очистка газообразных РАО	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
4.	Обезвреживание и очистка жидких РАО	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
5.	Отверждение жидких РАО	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
6.	Методы обращения с твердыми РАО	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Введение. Общая характеристика РАО	Устный опрос. Реферат
2.	Сбор и транспортировка РАО	Устный опрос. Реферат
3.	Обезвреживание и очистка газообразных РАО	Устный опрос. Реферат
4.	Обезвреживание и очистка жидких РАО	Устный опрос. Реферат
5.	Отверждение жидких РАО	Устный опрос. Реферат
6.	Методы обращения с твердыми РАО	Устный опрос. Реферат

3.1.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

Устный опрос

1. Диаграмма потоков топлива и отходов открытого и замкнутого ЯТЦ для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах.
2. Виды и особенности воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду.
1. Основные биологически значимые радионуклиды, содержащиеся в отходах ЯТЦ начального цикла (урановый рудник, гидрометаллургический и аффинажный заводы).
2. Переработка радиоактивных отходов путем трансмутации.
1. Классификация газообразных радиоактивных отходов.
2. Очистка газообразных РАО от аэрозолей.
3. Очистка газообразных РАО от радиоактивных благородных газов.
4. Очистка газообразных РАО от радиоактивных изотопов йода.
1. Переработка ЖРО и закачка в глубинные пласты: достоинства и недостатки подходов к обращению с ЖРО.
2. Типы сорбентов, применяемых в России для очистки ЖРО. Схема патронного намывного фильтра и насыпного фильтра.

1. Переработка ЖРО и закачка в глубинные пласты: достоинства и недостатки подходов к обращению с ЖРО.
2. Типы сорбентов, применяемых в России для очистки ЖРО. Схема патронного намывного фильтра и насыпного фильтра.
1. Метод коагуляции. Основные реагенты, используемые в процессе коагуляции. Принцип работы и схема контактного осветлителя.
2. Метод электродиализа. Устройство электродиализатора. Основные достоинства и недостатки.
3. Методы оценки свойств отвержденных РАО (радиационной, термической и водостойкости).
4. Способы математического представления гидролитической стойкости отвержденных РАО.
5. Остекловывание РАО. Типы используемых стеклообразных матриц. Способы подвода тепла.
6. Использование неорганических вяжущих материалов для отверждения ЖРО. Цементирование отходов.

Исследовательский проект (реферат)

1. Хранение и переработка высокоактивных отходов.
2. Захоронение ВАО. Остекловывание отходов.
3. Захоронение РАО в горных породах.
4. Выбор технологий обработки РАО.
5. Иммобилизация РАО в керамические матрицы.
6. Сбор, сортировка и первичная характеристика РАО.
7. Метод ионоселективной очистки жидких радиоактивных отходов атомных станций.
8. Мембранные методы очистки ЖРО.
9. Обращение с ТРО.
10. Термические технологии обработки РАО.
11. Очистка воздушных выбросов от РБГ.
12. Обеспечение безопасности при приповерхностном захоронении радиоактивных отходов.
13. Методы очистки и концентрирования жидких радиоактивных отходов.
14. Методы отверждения РАО.
15. Битумирование РАО.
16. Иммобилизация РАО в минералоподобные матрицы.
17. Очистка ЖРО от трития.
18. Переработка ЖРО методами осаждения.
19. Захоронение отвержденных отходов.
20. Трансмутация долгоживущих изотопов.
21. Иммобилизация РАО с использованием магнезиально-минерально-солевой композиции.
22. Новые конструкии токоподводов и донного сливного устройства печи остекловывания.
23. Выделение долгоживущих радионуклидов из ВАО методом совместной экстракции.
24. Термические методы переработки жидких радиоактивных отходов.
25. Обезвреживание тритийсодержащих масляных отходов путем извлечения из них трития.
26. Фракционирование ВАО.
27. Свойства отверждённых радиоактивных отходов.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Устный ответ

Оценка знаний предполагает дифференцированный подход к обучающемуся, учет его индивидуальных способностей, степень усвоения и систематизации основных понятий и категорий по дисциплине. Кроме того, оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение использовать в ответе практический материал. Оценивается культура речи, владение навыками ораторского искусства.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала, использование профессиональных терминов, культура речи, навыки ораторского искусства. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка *«отлично»* ставится в случае, когда материал излагается исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, при этом раскрываются не только основные понятия, но и анализируются точки зрения различных авторов. Обучающийся не затрудняется с ответом, соблюдает культуру речи.

Оценка *«хорошо»* ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но при ответе на вопрос допускает несущественные погрешности.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

Исследовательский проект (реферат)

Исследовательский проект – проект, структура которого приближена к формату научного исследования и содержит доказательство актуальности избранной темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, историографии, обобщение результатов, выводы.

Результаты выполнения исследовательского проекта оформляется в виде реферата.

Критерии оценивания - поскольку структура исследовательского проекта максимально приближена к формату научного исследования, то при выставлении учитывается доказательство актуальности темы исследования, определение научной проблемы, объекта и предмета исследования, целей и задач, источников, методов исследования, выдвижение гипотезы, обобщение результатов и формулирование выводов, обозначение перспектив дальнейшего исследования.

Оценка *«отлично»* ставится в случае, когда обучающийся демонстрирует полное понимание проблемы, все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

Оценка *«хорошо»* ставится, если обучающийся демонстрирует значительное понимание проблемы, все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится, если обучающийся, демонстрирует частичное понимание проблемы, большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится, если обучающийся демонстрирует непонимание проблемы, многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Шкала оценивания	Результаты обучения	Показатели оценивания результатов обучения
ОТЛИЧНО	Знает:	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал, уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - на основе системных научных знаний делает квалифицированные выводы и обобщения, свободно оперирует категориями и понятиями.

	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, используя научные понятия, ссылаясь на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся владеет рациональными методами (с использованием рациональных методик) решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал навыки - выделения главного, - связкой теоретических положений с требованиями руководящих документов, - изложения мыслей в логической последовательности, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
ХОРОШО	Знает:	- обучающийся твердо усвоил материал, достаточно грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений, оперирует категориями и понятиями, но не всегда правильно их верифицирует.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и в основном правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, не в полной мере используя научные понятия и ссылки на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся в целом владеет рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении смог продемонстрировать достаточность, но не глубинность навыков, - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его изложении; - показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы; - слабо аргументирует научные положения; - практически не способен сформулировать выводы и обобщения; - частично владеет системой понятий.
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки, слабо аргументирует свое решение, недостаточно использует научные понятия и руководящие документы.
	Владеет:	- обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал недостаточность навыков - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
НЕУДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует квалифицированных выводов и обобщений; - не владеет системой понятий.
	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-профессиональную задачу или задание.

	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам, оцениваемым «удовлетворительно».

3.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для устных ответов (варианты теста)

1. Диаграмма потоков топлива и отходов открытого и замкнутого ЯТЦ для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах.
2. Виды и особенности воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду.
3. Основные биологически значимые радионуклиды, содержащиеся в отходах ЯТЦ начального цикла (урановый рудник, гидрометаллургический и аффинажный заводы).
4. Переработка радиоактивных отходов путем трансмутации.
5. Классификация газообразных радиоактивных отходов.
6. Очистка газообразных РАО от аэрозолей.
7. Очистка газообразных РАО от радиоактивных благородных газов.
8. Очистка газообразных РАО от радиоактивных изотопов йода.
9. Переработка ЖРО и закачка в глубинные пласты: достоинства и недостатки подходов к обращению с ЖРО.
10. Типы сорбентов, применяемых в России для очистки ЖРО. Схема патронного намывного фильтра и насыпного фильтра.
11. Переработка ЖРО и закачка в глубинные пласты: достоинства и недостатки подходов к обращению с ЖРО.
12. Типы сорбентов, применяемых в России для очистки ЖРО. Схема патронного намывного фильтра и насыпного фильтра.
13. Метод коагуляции. Основные реагенты, используемые в процессе коагуляции. Принцип работы и схема контактного осветлителя.
14. Метод электродиализа. Устройство электродиализатора. Основные достоинства и недостатки.
15. Методы оценки свойств отвержденных РАО (радиационной, термической и водостойкости).
16. Способы математического представления гидролитической стойкости отвержденных РАО.
17. Остекловывание РАО. Типы используемых стеклообразных матриц. Способы подвода тепла.
18. Использование неорганических вяжущих материалов для отверждения ЖРО. Цементирование отходов.
19. Хранение и переработка высокоактивных отходов.
20. Захоронение ВАО. Остекловывание отходов.
21. Захоронение РАО в горных породах.
22. Выбор технологий обработки РАО.
23. Иммобилизация РАО в керамические матрицы.
24. Сбор, сортировка и первичная характеристика РАО.
25. Метод ионоселективной очистки жидких радиоактивных отходов атомных станций.
26. Мембранные методы очистки ЖРО.
27. Обращение с ТРО.
28. Термические технологии обработки РАО.
29. Очистка воздушных выбросов от РБГ.
30. Обеспечение безопасности при приповерхностном захоронении радиоактивных отходов.
31. Методы очистки и концентрирования жидких радиоактивных отходов.
32. Методы отверждения РАО.
33. Битумирование РАО.
34. Иммобилизация РАО в минералоподобные матрицы.

35. Очистка ЖРО от трития.
36. Переработка ЖРО методами осаждения.
37. Захоронение отвержденных отходов.
38. Трансмутация долгоживущих изотопов.
39. Иммобилизация РАО с использованием магнезиально-минерально-солевой композиции.
40. Новые конструкции токоподводов и донного сливного устройства печи остекловывания.
41. Выделение долгоживущих радионуклидов из ВАО методом совместной экстракции.
42. Термические методы переработки жидких радиоактивных отходов.
43. Обезвреживание тритийсодержащих масляных отходов путем извлечения из них трития.
44. Фракционирование ВАО.
45. Свойства отверждённых радиоактивных отходов.

3.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2 вопроса
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминологии

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	- выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме

«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные учебные издания

1. Алиев, Р. А. Радиоактивность : учебное пособие для вузов / Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-9069-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/184130. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ким, Д. Ч. Радиационная экология : учебное пособие для вузов / Д. Ч. Ким, Д. И. Левит, Г. Д. Гаспарян. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 244 с. — ISBN 978-5-8114-9021-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/183677. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Коннова, Л. А. Основы радиационной безопасности / Л. А. Коннова, М. Н. Акимов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 164 с. — ISBN 978-5-507-45787-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/284024. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Харламова, М. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг : учебное пособие для вузов / М. Д. Харламова, А. И. Курбатова ; под редакцией М. Д. Харламовой. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07047-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511060.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: https://urait.ru/.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: https://znanium.com/.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.studentlibrary.ru/.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: http://elibrary.ru/.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: http://cyberleninka.ru/.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: http://window.edu.ru/.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: http://fcior.edu.ru/.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: http://dic.academic.ru.

2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – URL: http://ivo.garant.ru/.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	**Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения**
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в приказе об аудиторном фонде, расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.