

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Технологии производства радиоактивных изотопов

Код модуля
1152631(1)

Модуль
Радиохимические технологии

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

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

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Денисов Евгений Иванович, Профессор, радиохимии и прикладной экологии

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Технологии производства радиоактивных изотопов

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	6	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Домашняя работа	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Технологии производства радиоактивных изотопов

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4 -Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений	Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен
ОПК-5 -Способен планировать, организовывать и контролировать	Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий	Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции

<p>работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>	<p>Практические/семинарские занятия Экзамен</p>
---	---	---

	<p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p>	
<p>ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност и производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>
<p>ПК-2 -Способен разрабатывать и совершенствовать радиохимические технологии, выделять основные факторы, влияющие на их экологическую безопасность, прогнозировать воздействие новых технологий на окружающую среду, разрабатывать методы радиохимического анализа и оценки состояния окружающей среды по</p>	<p>З-1 - Сформулировать физико-химические основы технологических процессов с использованием радиоактивных веществ и материалов</p> <p>П-1 - Разрабатывать отдельные этапы радиохимических технологий</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта использования радиохимических технологий</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новых и совершенствования действующих радиохимических технологий</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

радионуклидному признаку		
<p>ПК-3 -Способен организовать разработку и координировать проведение научных исследований в области радиохимических технологий, методов радиохимического анализа, радиоэкологического мониторинга, снижения негативного воздействия предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду и ликвидации последствий их деятельности (Управление экологической безопасностью радиохимических технологий)</p>	<p>З-1 - Ориентироваться в нормах и правилах ядерной и радиационной безопасности П-1 - Организовать или участвовать в организации внедрения результатов научно-исследовательских в области радиохимических технологий, методов радиохимического анализа, снижения негативного воздействия предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду и ликвидации последствий их деятельности У-1 - Анализировать научно-техническую информацию по теме исследований</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>
<p>ПК-4 -Способен организовывать и руководить ведением технологического процесса с радиоактивными веществами и материалами, в том числе с радиоактивными отходами, радиохимическим контролем технологических процессов, обеспечивать и контролировать их безопасность, предотвращать негативное радиационное воздействие на здоровье персонала и населения,</p>	<p>З-4 - Характеризовать основные способы и процессы получения радиоактивных изотопов У-1 - Анализировать технологический процесс как объект управления, систематизировать и обобщать информацию, касающуюся деятельности предприятия и обеспечения экологической безопасности У-2 - Анализировать и объяснять особенности физико-химического поведения радионуклидов в технологических и природных системах У-3 - Прогнозировать и предотвращать негативное радиационное воздействие на здоровье персонала и населения, радиоактивное загрязнение окружающей</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>

<p>радиоактивное загрязнение окружающей среды (Управление экологической безопасностью радиохимических технологий)</p>		
<p>ПК-5 -Способен осуществлять технологические процессы с использованием радиоактивных и ядерных материалов, обращение с радиоактивными отходами, проводить радиометрические, спектрометрические измерения технологического сырья и продуктов, осуществлять радиохимический анализ (Управление экологической безопасностью радиохимических технологий)</p>	<p>З-1 - Разбираться в нормативных требованиях к организации работы с радиоактивными веществами, нормах и правилах обеспечения радиационной безопасности У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов (технологии ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами, производства радиоактивных изотопов) У-2 - Оценивать причины отклонения технологических параметров процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов от заданных регламентом производства У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов на ход процесса с использованием радиоактивных и ядерных материалов и свойства получаемого материала У-4 - Предоставлять рекомендации по корректировке технологических режимов операций с использованием радиоактивных и ядерных материалов</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>
<p>ПК-6 -Способен реализовать природоохранную деятельность на объектах</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия</p>

<p>использования атомной энергии, обеспечивать радиационную и экологическую безопасность, использовать методы радиоэкологического мониторинга (Управление экологической безопасностью радиохимических технологий)</p>	<p>П-3 - Предотвращать негативное воздействие предприятий, использующих радиохимические технологии на окружающую среду и ликвидировать последствия этой деятельности</p>	<p>Экзамен</p>
<p>ПК-1 -Способен планировать и проводить научные исследования, в том числе с использованием радиоактивных веществ и материалов, решать научно-исследовательские и опытно-конструкторские задачи области радиохимических технологий, методов и технологий обеспечения их радиационной и экологической безопасности, использовать современное технологическое и аналитическое оборудование для исследования веществ и материалов, анализировать полученные результаты</p>	<p>З-1 - Сформулировать научную проблематику в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий З-2 - Выполнить обзор отечественных и международных достижений в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области радиохимии, радиоэкологии и радиохимических технологий П-4 - Рассчитывать распад и накопления радионуклидов в природных и технических системах У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области радиохимии, радиоэкологии, совершенствования радиохимических технологий</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.40		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>изучение теоретического материала</i>	3,9	70
<i>активность студента на занятии</i>	3,9	30
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.50		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.50		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.40		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	3,8	50
<i>активность студента на занятии</i>	3,16	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.00		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.20		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение индивидуального задания</i>	3,9	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1.00		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия	Шкала оценивания

	оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Оборудование для медицинской диагностики. Принцип работы и устройство.

Основные отличительные характеристики позволяющие проводить диагностику.

2. Оборудование для производства радионуклидов. Принцип работы и устройство.

Основные отличительные характеристики при производстве радионуклидов.

3. Производство радионуклидов на ядерных реакторах. Детально, как можно, рассмотреть химические аспекты приготовления мишени и выделения целевого радионуклида. Требования к получаемой продукции.

4. Производство радионуклидов на ускорителях. Детально, как можно, рассмотреть химические аспекты приготовления мишени и выделения целевого радионуклида. Требования к получаемой продукции.

5. Получение радионуклидов из Генераторов.

6. Контроль качества радионуклидов и РФП

7. Технологии синтеза РФП:

LMS-платформа – не предусмотрена

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Технологии производства радиоактивных изотопов

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Технологии производства радиоактивных изотопов

Примерные задания

Облучаем мишень в реакторе на тепловых нейтронах.

Провести анализ цепочки превращений.

1. Изложить алгоритм решения задачи, словами.

2. Определить накопление активности (и числа ядер) в цепочке при облучении материала мишени тепловыми нейтронами.

3. Нарисовать графики изменения активности и числа ядер для радионуклидов цепочки (5 точек). В цепочке предполагается 4 значимых радионуклида.

4. Периоды полураспада и эффективное сечение находим в литературе (таблица радионуклидов, методичка РЭМ с. 63-65).

Студент Исходный продукт Поток n/сек см² Активность, мишени, Бк Конечный продукт Время облучения

1 Cm-244 1E14 1 E8 Cm-248 300 суток

2 Cm-248 5E13 1 E10 Cf-251 500 суток

3 Pu-242 1E14 1 E8 Cm-245 500 суток

4 Am-241 5E13 1 E10 Cm-244 300 суток

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. 1. Принципы радиационной безопасности. Понятие о дозах. Взаимодействие излучения с веществом (бета, гамма). 2. Концепции влияния ИИ на живые организмы. Устройство живой клетки (кратко). Клеточный уровень влияния ИИ на живые организмы.

3. Ядерные реакции под действием нейтронов. Рассеяние, поглощение и замедление

нейтронов. Классификация нейтронов по энергии. Получение радионуклидов в ядерном реакторе. Принцип работы и устройство ядерного реактора. 4. Технологии, используемые для наработки ^{99}Mo на ядерных реакторах. В чем состоят их преимущества и недостатки. Привести пример от облучения до производства РФП. 5. Ядерные реакции под действием заряженных частиц. Взаимодействие протонов с веществом. Получение радионуклидов на ускорителях. Принцип работы и устройство циклотрона. Технологии производства циклотронных радионуклидов (йод-123). Привести пример от облучения до производства РФП. 6. Циклотронное производство радионуклидов. Технологии производства короткоживущих изотопов фтор-18 с помощью протонов. Привести пример от облучения до производства ФДГ. 7. Выбор материалов для мишеней при получении радионуклидов в ускорителях и ядерных реакторах. Особенности стартовых мишеней для получения радионуклидов. Химическая переработка облученных мишеней. 8. Принцип метода ПЭТ. Устройство и принцип действия позитронно-эмиссионного томографа. Сцинтилляторы, используемые в ядерной медицине, основные кристаллы, классификация по основным параметрам. 9. Радионуклиды для медицинских, и биохимических исследований. Выбор оптимальных радионуклидов и радиофармпрепаратов для диагностики. Идеальный радионуклид для диагностики. Основные радионуклиды для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ). 10. Основные радионуклиды для терапии. Принципы выбора радионуклидов для производства радиофармпрепаратов для терапии. Приведите примеры терапии с применением РН. 11. Принципы радионуклидной диагностики. Общие принципы получения изображений с помощью радиоизотопов. Планарная и томографическая сцинтиграфия. Устройство и принцип действия ОФЭКТ гамма-камеры. 12. Альтернативные методы диагностики в медицине: компьютерная томография, ядерный магнитный резонанс. Принцип работы и устройство КТ и ЯМР томографов. Достоинства и недостатки в сравнении с радионуклидной диагностикой. 13. Мишенная альфа-терапия. Система актиний-225/висмут-213, привести основные способы получения актиний-225. Генератор ^{225}Ac ($T_{1/2} = 10$ д) / ^{213}Bi ($T_{1/2} = 45.6$ мин). Классификация генераторных систем $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$. 14. Детально рассмотреть получение актиний-225 по спалогенным реакциям при облучении тория-232, урана-238 протонами высоких энергий. Достоинства и недостатки в сравнении с другими способами. Привести примеры технологий от облучения до производства целевого радионуклида. 15. Радионуклидные генераторы в ядерной медицине. Генераторные радионуклиды $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$. Технологии изготовления изотопных генераторов $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$. Преимущества генераторов технеция- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ для медицинской диагностики. Элюенты для генераторов $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Сорбенты для хроматографических генераторов. 16. Оценка качества РФП. Радионуклидная чистота. Радиохимическая чистота. Химические примеси. Понятие стерильности и изотоничности. Методы стерилизации радиофармпрепаратов. Понятие апиrogenности. 17. Радионуклидные генераторы для ПЭТ диагностики. Генератор ^{68}Ge ($T_{1/2} = 270.8$ дня) / ^{68}Ga ($T_{1/2} = 68$ мин). Получение ^{68}Ge на циклотронах с применением протонов. Технологии выделения ^{68}Ge из мишеней и все что с этим связано. Анализ генераторов $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ выпускаемых в мире, их достоинства и недостатки. 18. Радионуклидные генераторы для ПЭТ диагностики. Генератор ^{82}Sr ($T_{1/2} = 25.6$ дня) / ^{82}Rb ($T_{1/2} = 1.273$ мин)). Получение ^{82}Sr на циклотронах с применением протонов. Технологии выделения ^{82}Sr из мишеней и все что с этим связано. Принцип работы и устройство генератора $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

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