

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Г.Прохоренко

«30» июня 2022 г.

Регистрационный № УД-11123 /уч.

Лабораторный спецпрактикум по модулю «Прикладная радиохимия»

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-100 80 01 Ядерная и радиационная безопасность

Профилизация:

Радиационная защита и культура ядерной безопасности

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-100 80 01-2022, типового учебного плана № Р-100-2-001/пр.-тип. от 09.02.2022 г. и учебного плана Р 100-177/уч. от 22.02.2022 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

И.М.Кимленко, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета, кандидат химических наук, доцент;

С.В.Кобяшева, старший преподаватель кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета.

РЕЦЕНЗЕНТ:

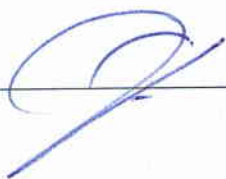
Е.М.Хаджинов, заместитель директора ООО «Прикладные системы», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 24.06.2022 г.)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 29.06.2022 г.)

Декан _____



Д.В. Свиридов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель дисциплины – формирование компетенций по организации, планированию и проведению радиохимических исследований с соблюдением норм радиационной безопасности.

Задачи дисциплины:

- раскрыть методику современных радиохимических исследований;
- дать представление о комплексах средств измерений активности препаратов;
- обратить внимание на возрастающую необходимость владения техникой радиохимического эксперимента в современных условиях в целях обеспечения экологической безопасности.

Курс структурно разделен на три раздела, которые отражают его внутреннюю логику и включают отдельные темы радиометрии, аналитической химии, математической статистики.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Прикладная радиохимия» компонента учреждения высшего образования.

Данный курс связан с такими дисциплинами как «Инновационные технологии в ядерной и радиохимии», «Лабораторный спецпрактикум по модулю «Фундаментальные и прикладные аспекты радиационной защиты».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Лабораторный спецпрактикум по модулю «Прикладная радиохимия» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальных компетенций:

УК-2. Развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности.

УК-4. Быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности.

углубленных профессиональных, компетенций:

УПК-4. Анализировать ядерные, термические и радиохимические процессы, протекающие на атомных электростанциях, осуществлять их моделирование и давать рекомендации по оптимизации этих процессов с целью повышения уровня эффективности и безопасности.

специальных компетенций:

СК-2. Оценивать воздействие высокоэнергетических частиц на свойства материалов и жидких сред и реализовывать с учетом этого

инновационные радиохимические технологии при решении исследовательских и прикладных задач ядерной и радиохимии.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- методические подходы к организации и планированию радиохимического эксперимента;
- современные радиометрические и спектрометрические приборы, используемые для измерения активности препаратов;
- методику оценки погрешностей активности образцов;
- особенности организации мониторинга радона, торона и дочерних продуктов их распада;
- области применения метода радиоактивных индикаторов в химических исследованиях.

уметь:

- оценивать возможности радиохимических методик для выделения и концентрирования радионуклидов;
- самостоятельно осмыслить применение радиохимических методов, не рассмотренных в рамках дисциплины;
- осуществлять качественный и количественный анализ радионуклидов в природных и техногенных объектах;
- адекватно анализировать ситуацию для принятия решений, обеспечивающих экологическую и радиохимическую безопасность окружающей среды.

владеть:

- методологией подготовки и проведения радиохимического эксперимента;
- навыками работы с ультрамикрoконцентрациями вещества;
- методами обнаружения и идентификации радионуклидов.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина преподается в первом семестре. Общее количество часов для изучения дисциплины – 90, в том числе аудиторных часов – 42, из них: лабораторные занятия – 42 часа.

Форма получения первой степени высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

Количество зачетных единиц – 3.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Общие вопросы организации радиохимического эксперимента

Тема 1.1. Организация работ с радиоактивными веществами и источниками

Группы радионуклидов по радиотоксичности и классы работ. Операции с радиоизотопами по степени потенциальной опасности загрязнения внешней среды. Подготовка к радиохимическому эксперименту. Составление плана работы. Составление инструкции по работе с радиоактивными препаратами. Коллективные и индивидуальные средства защиты. Дезактивация и удаление радиоактивных отходов с рабочих мест.

Тема 1.2. Подбор условий и методов идентификации радионуклидов

Условия оптимального подбора детектора, измерительной аппаратуры в зависимости от цели эксперимента и характеристик радиоактивного препарата. Влияние на результат «внешнего фона», космического излучения, шумов электронной аппаратуры и др. Учет самоослабления в материале препарата, влияние рассеянного излучения. Геометрический коэффициент. Минимальная детектируемая активность.

Образцовые средства измерений активности радионуклидов. Образцовые радионуклидные источники специального назначения. Контроль фона. Определение коэффициента счета прибора с помощью образцовых источников излучения. Измерение радиоактивности методом сравнения с образцовым источником. Измерения с использованием «4»π-счетчика. Выбор оптимального времени счета. Требования к приготовлению препаратов для радиометрии низких уровней активности.

Химический выход радионуклида. Последовательное разделение и идентификация различных нуклидов из одной пробы. Комбинированные спектрометрические и радиометрические средства измерения смешанного гамма-бета-излучения. Одновременное и раздельное измерения суммарной альфа-активности и суммарной бета-активности различных проб и счетных образцов.

Тема 1.3. Оценка погрешностей измерения активности препарата

Генеральная и выборочная совокупность случайных величин. Дисперсия и стандартное отклонение. Доверительный интервал и доверительная погрешность среднего. Статистический критерий пуассоновского характера распределения числа зарегистрированных импульсов. Точность единичного измерения, влияние фона, χ^2 -критерий,

оптимальное время измерения. Погрешность косвенного измерения. Закон накопления погрешностей. Обработка спектров.

Раздел 2. Анализ образцов окружающей среды на содержание природных и техногенных радионуклидов

Тема 2.1 Подготовка образцов к радиохимическому анализу

Требования, предъявляемые к отбору проб. Применяемые технические средства. Порядок отбора проб воды, воздуха, почв, пищевых продуктов. Отбор проб пастообразной продукции, продукции смешанной консистенции. Отбор представительных проб для радиохимического анализа. Гомогенизация образцов и проверка степени их гомогенности.

Тема 2.2 Получение счетных образцов проб воды и молочной продукции

Предварительная оценка минерализации воды. Методические подходы к анализу проб пресной и минерализованной воды. Сульфатизация солей. Способы концентрирования радионуклидов из объема водной пробы: соосаждение с носителями, использование сорбентов на основе ионообменных смол, метод упаривания.

Особенности подготовки счетных образцов молочной продукции. Денатурация белка в пробе молока. Соосаждение ^{137}Cs с феррацианидом цинка. Соосаждение ^{90}Sr и ^{90}Y с оксалатом кальция.

Оценка гамма-, бета- и альфа-активности счетных образцов.

Тема 2.3. Мониторинг радона, торона и их дочерних продуктов

Особенности мониторинга радиоактивных газов и аэрозолей. Задачи и проблемы мониторинга радона. Проведение работ, обеспечивающих требования нормативных документов по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Проектирование радонобезопасных зданий, нормирование содержания радона в помещении. Факторы, влияющие на содержание радона в окружающей среде. Эталон объемной активности радона. Принципы и средства измерения изотопов радона. Определение объемной активности (ОА) радона, торона и их дочерних продуктов распада в воздухе. Определение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона и торона в воздухе жилых, общественных и производственных зданий и сооружений. Особенности измерения объемной активности радона в воздухе при высокой влажности. Экспрессный отбор проб воздуха в пробоотборники при массовых измерениях и последующие определения ОАР в стационарных условиях. Контроль радона в источниках питьевого водоснабжения и питьевой воды. Измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений

общественного и производственного назначения. Определение объемной активности радона в почвенном воздухе.

Раздел 3. Применение радиоактивных индикаторов в химических исследованиях

Тема 3.1. Примеры использования радиоактивных индикаторов

Основные направления использования радионуклидов для анализа вещества. Преимущества использования радионуклидов в химическом анализе. Определение малого содержания вещества по известной удельной активности, метод изотопного разбавления, анализ, основанный на использовании избытка осадителя, радиометрическое титрование. Определение растворимости малорастворимых веществ.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Общие вопросы организации радиохимического эксперимента								
1.1	Организация работ с радиоактивными веществами и источниками				4				Составление плана работы, просмотр и обсуждение видео "Radiation Protection Area", "Distance Law", "Decontamination"
1.2	Подбор условий и методов идентификации радионуклидов				6				Отчет и защита лабораторной работы
1.3	Оценка погрешностей измерения активности препарата				4				Отчет и защита лабораторной работы
2	Анализ образцов окружающей среды на содержание природных и техногенных радионуклидов								
2.1	Подготовка образцов к радиохимическому анализу				4				Отчет и защита лабораторной работы

2.2	Получение счетных образцов проб воды и молочной продукции				12		Отчет и защита лабораторной работы
2.3	Мониторинг радона, торона и их дочерних продуктов				8		.Отчет и защита лабораторной работы
3	Применение радиоактивных индикаторов в химических исследованиях						
3.1	Примеры использования радиоактивных индикаторов				4		Просмотр и обсуждение видеолaborаторных работ "Radiometric titration", "Solubility product of PbI_2 ", подготовка инструкции по лабораторным работам
	Итого				42		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы:

1. Гулаков И.Р. Регистрация ионизирующих излучений : учебное пособие / И.Р. Гулаков. – Минск : Вышэйшая школа, 2021. – 287 с.
2. Ролевич И. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : лабораторный практикум / И. В. Ролевич, Г. И. Морзак, Е. В. Зеленухо. – Минск : РИВШ, 2017.
3. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. – 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2018. - 409 с.
4. Будыка А.К. Спектрометрия ионизирующих излучений. Гамма-спектрометрия. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2021. - 223 с.
5. Егоров Ю.В., Н.Д. Бетенеков, Пузако В.Д. Методы концентрирования и разделения радионуклидов / 2-е изд. – Москва : Юрайт, 2018. – 129 с.

Перечень дополнительной литературы:

1. Макаревич, Т. А. Радиоэкология : пособие для студ. учреждений высш. Образования / Т. А. Макаревич ; БГУ. - Минск : БГУ, 2013. - 136 с.
2. Герфорт Лизелотт. Практикум по радиоактивности и радиохимии / Л. Герфорт, Х. Кох, К. Хюбнер ; пер. с нем. К. Б. Заборенко. - Москва : Мир, 1984. - 503 с.
3. Другов Ю. С. Анализ загрязненной воды : практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. - 678 с.
4. Елохин А. П. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды / А. П. Елохин. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. - 316 с.
5. Елохин А.П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды / А. П. Елохин. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. - 520 с.
6. Коробков В. И. Методы приготовления препаратов и обработка результатов измерений радиоактивности / В. И. Коробков, В. Б. Лукьянов. - Москва : Атомиздат, 1973. - 216 с.
7. Максимов М.Т. Радиоактивные загрязнения и их измерение / М. Т. Максимов, Г. О. Оджагов. - Москва : Энергоатомиздат, 1989. - 304 с.
8. Опаленов Ю. В. Радиолокационное преобразование радона. Некогерентный синтез изображений / Ю. В. Опаленов. - Москва : URSS : ЛЕНАНД, 2019. - 172 с.
9. Развитие и оптимизация систем контроля атомных электростанций с ВВЭР / [авт.: В. И. Скалозубов и др.] ; под ред. В. И. Скалозубова. - Чернобыль : Ин-т проблем безопасности АЭС, 2008. - 506 с.
10. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды : теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 287 с.

11. Семиколенных А.А. Оценка воздействия на окружающую среду объектов атомной энергетики : метод. пособие / А. А. Семиколенных, Ю. Г. Жаркова. - Москва : Инфра-Инженерия, 2013. - 366 с.
12. Сборник практических работ по радиохимии: учебное пособие. - СПб: ВВМ, 2010. - 72 с.
13. Чудновский С. М. Приборы и средства контроля за природной средой : учебное пособие / С. М. Чудновский, О. И. Лихачева. - 2-е изд. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 149 с.
14. Хала Иржи. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика / И. Хала, Дж. Д. Навратил ; пер. с англ. [И. А. Веселова и др.] под ред. Б. Ф. Мясоедова, С. Н. Калмыкова. - Москва : URSS : Изд-во ЛКИ, 2013. - 428 с.
15. Химические проблемы атомной энергетики: [в 3 т.] / [авт. Л.Н. Москвин и др.]. Т.2: Радиохимический анализ и радиохимические технологии. – СПб, 2013. – 282 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

1. Составление плана работы, просмотр и обсуждение видео по теме «Организация работ с радиоактивными веществами и источниками».

2. Подготовка отчетов по лабораторным работам по темам «Подбор условий и методов регистрации ионизирующего излучения», «Оценка погрешностей измерения активности препарата», «Подготовка образцов к радиохимическому анализу», «Получение счетных образцов проб воды и молочной продукции», «Мониторинг радона, торона и их дочерних продуктов».

3. Обсуждение видеолaborаторных работ и подготовка инструкций по работам по теме «Примеры использования радиоактивных индикаторов».

При оценивании плана и отчетов по лабораторным работам учитывается полнота и логичность, грамотность и стиль изложения, корректность оформления.

При проведении обсуждения видеолaborаторных работ учитывается уровень владения студентом материала, умение вести научный диалог, наличие грамотной аргументации.

При оценивании инструкций по лабораторным работам обращается внимание на самобытность (оригинальность) созданного образовательного продукта, полноту, структуру и последовательность изложения.

Форма текущей аттестации - зачет. Итоговая отметка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 № 189 – ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2013).

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая отметка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование рейтинговой отметки за текущую успеваемость:

- выполнение и защита лабораторных работ – 70 %;

– участие в обсуждении лабораторных работ в формате видеofilмов и подготовка инструкций – 30 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 70 %, зачетной отметки – 30 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

1. Определение характеристик альфа-бета радиометра, контроль фона и выбор геометрии измерений счетных образцов.
2. Изучение возможностей гамма-бета спектрометра, обработка спектров анализируемой пробы.
3. Определение погрешности, связанной с флуктуациями радиоактивного распада.
4. Определение водопоглощающей способности материалов-носителей образцовых радионуклидных источников специального назначения.
5. Получение счетных образцов проб молока и молочных продуктов для измерения активности ^{137}Cs и ^{90}Sr .
6. Получение счетных образцов проб пресной и минерализованной воды для определения содержания радионуклидов.
7. Определение объемной активности радона, торона и их дочерних продуктов распада в воздухе.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

практико-ориентированный подход, который предполагает освоение дисциплины через выполнение лабораторных работ.

При преподавании дисциплины используется *методика использования видеоконтента* как инструмента обучения по технике выполнения лабораторных работ особой сложности. Видеолабораторные работы предоставлены Высшей школой Мангейма Университета прикладных наук (Мангейм, Германия) в рамках проекта RADIUM.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется:

1. Разработка и составления банка групповых или индивидуальных заданий; пояснение основных требований к их выполнению;
2. Использование современных информационных технологий: размещение в сетевом доступе комплекса учебных и учебно-методических материалов (программа учебной дисциплины, задания в тестовой форме, темы кратких рефератов, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Классификация радионуклидов по радиотоксичности и классы работ.
2. Методы и средства дезактивации рабочих поверхностей.
3. Разделение радионуклидов по радиотоксичности и классам выполняемых работ.
4. Условия оптимального подбора детектора, измерительной аппаратуры в зависимости от цели эксперимента и характеристик радиоактивного препарата.
5. Факторы, влияющие на результат регистрацию ионизирующего излучения.
6. Комбинированные спектрометрические и радиометрические средства измерения смешанного гамма-бета-излучения.
7. Учет самоослабления в материале препарата, влияние рассеянного излучения.
8. Закон накопления погрешностей.
9. Оценка погрешностей измерения активности препарата.
10. Условия и требования к подготовке образцов к радиохимическому анализу.
11. В чем сущность и особенности подготовки счетных образцов молочной продукции?
12. Оценка гамма-, бета- и альфа-активности счетных образцов.
13. Понятие «суммарной (общей) α - или β - активности»?
14. Основы методики радиохимического анализа проб минерализованной воды.
15. С помощью каких приборов можно проводить анализ проб воды вод? В чем их принципиальное отличие?
16. Основные стадии пробоподготовки минерализованной воды. В чем суть каждой из них?
17. Что такое счётный образец? Каким он должен быть?
18. Особенности мониторинга радиоактивных газов и аэрозолей. Задачи и проблемы мониторинга радона.

19. Факторы, влияющие на содержание радона в окружающей среде.
20. Экспрессный отбор проб воздуха в пробоотборники при массовых измерениях и последующие определения ОАР в стационарных условиях.
21. Контроль радона в источниках питьевого водоснабжения и питьевой воды.
22. Определение объемной активности радона в почвенном воздухе.
23. Способы концентрирования радионуклидов из объема водной пробы.
24. Основные этапы в методике радиохимического анализа проб минерализованных вод на содержание радионуклидов с их идентификацией на радиометре.
25. Сущность радиометрического и дозиметрического контроля.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Лабораторный спецпрактикум по модулю «Фундаментальные и прикладные аспекты радиационной защиты»	Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	нет	Протокол № 12 от 24.06.2022 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на _____ / _____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № __ от ____ г.)

Заведующий кафедрой
доктор химических наук,
профессор _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
доктор химических наук,
член-корр. НАН Беларуси _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)