

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А. Л. Голстик

12

Регистрационный № УД 238 /уч.



ПРИКЛАДНАЯ РАДИОХИМИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-31 05 03 Химия высоких энергий

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 05 03 – 2013 и учебного плана специальности G 31-146/уч от 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛИ:

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

С.В. Овсянникова, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий, кандидат химических наук

С.Л. Лейнова, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий БГУ, кандидат химических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий
Белорусского государственного университета
(протокол № 12 от 12.06.2017)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № 5 от 27.06.2017)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Прикладная радиохимия» входит в состав компонента УВО (цикл специальных дисциплин) и преподается студентам 5-го курса, готовящимся для работы в области ядерной энергетики, химии высоких энергий и радиохимических технологий.

Прикладная радиохимия представляет собой область радиохимии, которая занимается вопросами получения и применения радиоактивных изотопов и их соединений в различных областях науки и техники. К данной области относятся также проблемы ядерного топливного цикла, хотя они зачастую выделяются в самостоятельную область, но в своей основе полностью опираются на принципы радиохимии и в ряде случаев тесно переплетаются с последней.

Цель преподавания учебной дисциплины — подготовка высококвалифицированных специалистов с глубокими знаниями прикладных аспектов радиохимии и перспектив использования радиохимических технологий в науке, технике и медицине.

Задачи учебной дисциплины:

- систематизация знаний о способах получения, выборе и использовании радиоизотопов в химии, физике, биологии, медицине и других областях, в том числе о производстве радиофармпрепаратов (РФП) для диагностики и терапии;
- ознакомление с принципами организации радиохимического контроля на АЭС и управления радиоэкологическим риском;
- рассмотрение современных радиохимических технологий, используемых в ядерной промышленности, включая технологии переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО);
- воспитание чувства ответственности за сохранение окружающей среды при разработке и применении радиохимических технологий;
- выработка гражданской активности при решении возникающих проблем, связанных с производством и обращением радиоактивных изотопов и их соединений.

Материал, включенный в программу курса, дает представление о прикладных аспектах радиохимии в ее современном состоянии с учетом знаний и представлений различных химических дисциплин и смежных областей (геохимии, биологии, экологии и др.). Важная роль в преподавании дисциплины отводится формированию единого химического образовательного пространства, составляющего основу фундаментальной подготовки специалистов-химиков, соответствующих современным запросам государства, конкурентоспособных на рынке труда.

Дисциплина связана с учебными дисциплинами «Радиохимия», «Источники ионизирующих излучений».

В результате изучения дисциплины студенты должны

знать:

- особенности радиохимических процессов, используемых в ядерной промышленности, в том числе ресурсо- и энергосберегающих и экологически безопасных;
- общую характеристику объектов и методов радиохимического контроля на АЭС;
- способы промышленного производства радиоактивных изотопов, применяемых в науке, технике и медицине;
- принципы активационного анализа, методы меченых атомов;
- методы синтеза РФП для различных применений в области ядерной медицины.

уметь:

- оценивать преимущества и недостатки современных и перспективных радиохимических процессов ядерной промышленности;
- применять знания для предсказания поведения различных радионуклидов в сложных системах, в том числе объектах окружающей среды, и при захоронении высокоактивных отходов топливного цикла, а также для создания схем направленного синтеза меченых соединений для ядерной медицины;
- осуществлять качественный и количественный анализ радионуклидов в природных и техногенных объектах.

владеть:

- техникой подготовки и проведения радиохимического эксперимента;
- навыками работы с ультрамикрореконцентрациями вещества;
- методами регистрации ионизирующих излучений;
- навыками исследования состояния и миграции радионуклидов в природных и техногенных объектах.

Формируемые компетенции

Специалист должен:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование, принимать участие в подготовке отчетов и публикаций.

ПК-5. Формулировать и решать задачи, возникающие в процессе производственно-технологической деятельности.

ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-9. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-14. Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и пожарной безопасности.

ПК-15. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них;

ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Программа разработана специалистами в области радиохимии, физической химии и радиоэкологии. Это позволяет реализовать на практике взаимосвязь между различными научными дисциплинами, помогает готовить специалистов, способных комплексно использовать знания различных областей науки, разрабатывать инновационные подходы при решении конкретных практических задач.

Курс преподается в IX семестре в объеме всего 180 часов, в том числе аудиторных – 82 часа:

24 часа – лекции,

10 часов – семинары,

48 часов – лабораторные занятия.

Форма контроля знаний – **зачет, экзамен.**

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Предмет, цели и задачи дисциплины. Основные понятия и терминология. Основные направления развития прикладной радиохимии. Место радиохимии в современной ядерной индустрии. Задачи и функции радиохимических предприятий. Мировые производители радиоактивных изотопов и препаратов, используемых в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, научных исследованиях. Сотрудничество стран в области производства, использования и продвижения изотопной продукции. Нормы МАГАТЭ по безопасности радиохимических производств и предприятий ЯТЦ.

Раздел 1. Производство и применение радиоактивных изотопов

Тема 1.1. Радиохронология

Радиоактивные минералы. Абсолютный геологический возраст. Изохроны Паттерсона. Изотопная геохронология: гелиевый, свинцовый, аргоновый, стронциевый методы, их достоинства и недостатки. Радиоуглеродное датирование. Нормальный и аномальный сдвиги равновесия между дочерним и материнским нуклидами, положительные и отрицательные последствия сдвига (ошибки в оценке накопления радионуклидов в объектах окружающей среды, новые варианты «геологических часов» и др.).

Тема 1.2. Производство радиоактивных изотопов

Основные радионуклиды, получаемые на ядерных реакторах и ускорителях. Современные ускорительные комплексы. Получение короткоживущих радионуклидов на изотопных генераторах. Методы разделения радиоизотопов (дистилляция, экстракция, хроматография, соосаждение и др.). Потребители изотопов (предприятия военно-промышленного комплекса, энергетики и металлургии, фундаментальные научные исследования и медицина).

Тема 1.3. Меченые соединения: синтез и свойства

Номенклатура меченых соединений. Радиоактивные препараты, полученные без использования носителей (NCA). Соединения, меченые нерадиоактивными изотопами (SIL). Методы направленного и ненаправленного синтеза меченых соединений. Требования, предъявляемые к изотопно-обогащенным прекурсорам, используемым в синтезе меченых соединений. Процессы изотопного обмена (получение меченых соединений, исследование структурной неравноценности атомов в молекулах, определение скорости реакции вблизи равновесия, определение поверхности осадков). Способы химического синтеза меченых соединений. Радиационный синтез, методы синтеза в потоке ускоренных ионов, электрическом разряде. Горячий синтез. Методы идентификации меченых соединений. Аналитический контроль меченых соединений (определение химической и радиохимической чистоты, удельной активности, местоположения метки внутри молекулы).

Тема 1.4. Радиоактивные изотопы в различных областях химии

Радиоактивные изотопы в аналитической химии (радиометрический анализ, метод изотопного разбавления). Активационный анализ: способы активации, отбор и приготовление проб для анализа, источники ошибок, особенности анализа биологических объектов, веществ высокой чистоты, воды и др., инструментальный и радиохимический метод идентификации образующихся радионуклидов.

Метод радиоактивных индикаторов в физической химии (определение скоростей и механизмов реакций, давлений насыщенных паров, процессов коррозии, адсорбции газов и паров, реакций термического анализа и др.).

Метод радиоактивных индикаторов в материаловедении. Контроль за пространственной структурой материала, степенью и характером его дефектности, изменением параметров под действием различных факторов. Диффузионно-структурный анализ. Эманационно-термический анализ. Радиоактивная газосорбционная дефектоскопия. Микротомография неоднородных сред.

Раздел 2. Радиохимические аспекты ядерной медицины

Тема 2.1. Радионуклиды медицинского назначения

Выбор радионуклидов для диагностики и терапии. Основные методы производства медицинских радионуклидов (реакторные, циклотронные и генераторные радионуклиды). Преимущества и недостатки использования радионуклидов, испускающих α - и β -частицы и электроны конверсии.

Тема 2.2. Радиофармпрепараты (РФП)

РФП метаболического и перфузионного типов распределения. Идеальный РФП и его характеристики. Способы синтеза радиофармпрепаратов (РФП) для радионуклидной диагностики. Поставщики лигандов при производстве РФП (комплексобразующие кислоты и их физиологически приемлемые соли). Контроль качества РФП (определение радионуклидной чистоты, активности, радиохимической и химической чистоты, стерильности и апиrogenности). Применение РФП в радиоиммунном анализе, позитронно-эмиссионной томографии и др. Синтез соединений, содержащих радиоактивный тритий, для изучения биологических процессов и их применение в диагностике заболеваний.

Раздел 3. Радиохимические проблемы атомной энергетики

Тема 3.1. Радиохимический контроль на АЭС и управление радиоэкологическим риском

Цели и задачи радиохимического контроля на АЭС. Общая характеристика объектов и методов контроля. Формирование радионуклидного состава примесей в объектах радиохимического контроля. Методические подходы к проведению радиохимического анализа водных и газообразных сред. Метод экспрессного хроматографического радиохимического анализа (сущность

метода, выбор условий выделения радионуклидов, сорбенты для ЭХРА, анализ водного теплоносителя первого контура, определение химических форм радионуклидов в теплоносителе). Групповое выделение радионуклидов из низкоактивных водных сбросов АЭС. Определение радиоактивных примесей в воде водоемов-охладителей. Непрерывный контроль за содержанием продуктов деления в теплоносителе первого контура. Гамма-спектрометрический анализ на байпасных линиях. Определение в потоке за фильтрами для группового отделения мешающих примесей. Селективное концентрирование в потоке контролируемой среды. Контроль выбросов инертных радиоактивных газов. Определение газообразных форм радиоактивного йода. Реперный контроль радионуклидного состава примесей в аэрозольных выбросах.

Анализ образцов окружающей среды на содержание, распределение и формы нахождения природных и техногенных радионуклидов в зоне влияния АЭС. Подготовка образцов к радиометрическим измерениям и радиохимическому анализу. Методы выделения, разделения и очистки радионуклидов. Гамма- и альфа-спектрометрическая идентификация радионуклидов. Оценка содержания бета-излучающих радионуклидов методом бета-радиометрии. Радиографический метод обнаружения радионуклидов.

Тема 3.2. Процессы коррозии на объектах атомной энергетики

Виды коррозионных повреждений в атомной энергетике. Коррозионное воздействие водного теплоносителя на конструкционные материалы. Показатели коррозивности среды. Коррозивные агенты. Общие методические подходы к исследованию внутриконтурных коррозионных процессов. Радиохимические методики исследования процессов коррозии в системе «сталь-раствор»: два варианта метода «меченых атомов». Определение скорости коррозии сталей по выносу реперного радионуклида в нестационарных условиях. Реперные радионуклиды, генерируемые в образцах сталей для исследования процессов коррозии при облучении образцов потоком тепловых нейтронов. Преимущества радиохимических методик исследования коррозии сталей. Радиохимический контроль технологических сред. Фазовый анализ продуктов коррозии методом мессбауэровской спектроскопии. Технологии очистки парогенераторов АЭС с ВВЭР от продуктов коррозии.

Тема 3.3. Современные подходы к переработке ОЯТ и РАО

Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безопасные радиохимические процессы переработки ОЯТ и РАО. Перспективы использования жидко-экстракционных процессов COEX, DIAMEX, SANEX и др. для переработки ОЯТ. Прогнозирование состояния и поведения матриц для консервации актинидов, содержащихся в ОЯТ. Методы кондиционирования РАО. Имобилизирующие матрицы. Сорбционные технологии при переработке ОЯТ и утилизации РАО. Развитие концепции изоляции РАО путем капсулирования матричных материалов в оболочках из низкотемпературной керамики. Синтез матриц полимерного типа для иммобилизации Cs-Sr-фракций продуктов деления ядерного горючего.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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.	Введение	2						
	Раздел 1. Производство и применение радиоактивных изотопов.	8		4				Контрольная работа
2.	1.1. Радиохронология.	2						
3.	1.2. Производство радиоактивных изотопов	2						
4.	1.3. Меченые соединения: синтез и свойства	2						
5.	1.3.1. Методы идентификации и синтеза меченых соединений			2				Доклады, опрос

6.	1.4. Радиоактивные изотопы в различных областях химии	2					
7.	1.4.1. Метод радиоактивных индикаторов в химии и материаловедении		2				Доклады, отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
	Раздел 2. Радиохимические аспекты ядерной медицины	4		2			
8.	2.1. Радионуклиды медицинского назначения	2					
9.	2.2. Радиофармпрепараты (РФП)	2					
10.	2.2.1. Синтез и контроль качества РФП			2			Доклады, опрос
	Раздел 3. Радиохимические проблемы атомной энергетики	10		4	48		Контрольная работа
11.	3.1. Радиохимический контроль на АЭС и управление радиоэкологическим риском	4					
12.	3.1.1. Гомогенизация образцов и проверка степени их гомогенности. Отбор представительных проб для радиохимического анализа				6		Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой

13.	3.1.2. Определение коэффициента счета бета-радиометра с помощью образцовых источников излучения. Освоение методики альфа-спектрометрического детектирования радионуклидов				6			Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой
14.	3.1.3. Определение содержания Sr-90 в образцах почвы методом радиохимического анализа с выделением и регистрацией дочернего Y-90				12			Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой
15.	3.1.4. Разделение и очистка плутония и америция с помощью ионообменных смол. Выделение радионуклидов из растворов и формирование измерительных мишеней. Альфа-спектрометрическая идентификация радионуклидов. Определение химического выхода плутония и америция				6			Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой
16.	3.1.5. Выделение урана из раствора и его очистка с помощью ионообменных смол. Совместное осаждение урана с фторидом церия (IV) и формирование измерительной мишени. Альфа-спектрометрическая идентификация радионуклидов урана. Определение химического выхода урана и расчет содержания радионуклидов урана в изученных образцах				6			Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой
17.	3.1.6. Определение коэффициента распределения ^{137}Cs между твердой фазой почвы и модельными растворами, имитирующими почвенную влагу. Оценка миграционной способности и биологической доступности ^{137}Cs в почве				6			Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой
18.	3.1.7. Радиографический метод обнаружения радионуклидов и их распределения в почвенных образцах				6			Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой

19.	3.2. Процессы коррозии на объектах атомной энергетики	4						
20.	3.2.1. Коррозионный мониторинг на ЯЭУ. Преимущества радиохимических методик исследования процессов коррозии.			2				Доклады, опрос
21.	3.3. Современные подходы к переработке ОЯТ и РАО	2						
22.	3.3.1. Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безопасные радиохимические способы переработки ОЯТ и РАО.			2				Доклады, опрос

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ РЕКОМЕНДУЕМАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Баранов, В. Ю. Изотопы: свойства, получение, применение / В. Ю. Баранов. Т. 1, 2. – М.: 2005.
2. Бекман, И.Н. Радиохимия. В 2 т. Т.2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность: учебник и практикум / И.Н. Бекман. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 386 с.
3. Бойко, В.И. Ядерные технологии в различных сферах человеческой деятельности. / В.И., Бойко Ф.П. Кошелев. – 2-е. изд. - Томск: Из-во ТПУ, 2008. – 341 с.
4. Лебедев, В. М. Ядерный топливный цикл. Технология, безопасность, экономика / В. М. Лебедев. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 206 с.
5. Методы химического и радиохимического контроля в ядерной энергетике / Л.Н. Москвин [и др.], под ред. Л.Н. Москвина. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 264 с.
6. Химические проблемы атомной энергетики. Т.2. Радиохимический анализ и радиохимические технологии / Л.Н. Москвин [и др.], под ред. Л.Н. Москвина. – СПб.: Изд-во «ВВМ», 2013. – 283 с.
7. Химические проблемы атомной энергетики. Т.3. Химические технологии продления ресурса и повышения радиационной безопасности ЯЭУ. Коррозионные процессы в контурах ЯЭУ / Л.Н. Москвин [и др.], под ред. Л.Н. Москвина. – СПб.: Изд-во «ВВМ», 2016. – 240 с.
8. Choppin, G. Radiochemistry and Nuclear Chemistry / G. Choppin, J.O. Liljenzin, J. Rydberg, Ch. Edberg. – Elsevier, 2013. – 866 p.
9. Lovas, R.G. Handbook of Nuclear Chemistry: Radiochemistry and Radiopharmaceutical Chemistry in Life Sciences. – Vol. 4. – Springer, 2003. – 398 p.

Дополнительная:

1. Андрющенко, Н.Д. Сорбционные характеристики материалов фильтрационного барьера в верхних водоносных горизонтах, загрязненных радионуклидами / Н.Д. Андрющенко, А.В. Сафонов, Т.Л. Бабич и др. // Радиохимия. — 2017. — Т. 59, № 4. — С. 361–370.
2. Геохимия техногенных радионуклидов / Э.В. Соботович, Г. М. Бондаренко, Л. В. Кононенко и др. – Киев: Наукова думка, 2002. – 328 с.
3. Милютин, В.В. Сорбционные технологии в современной прикладной радиохимии / В.В. Милютин, Н.А. Некрасова, О.В. Харитонов, Л.А. Фирсова, Е.А. Козлитин // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 313–322.
4. Новиков, А. П. Формы существования и миграции актиноидов в окружающей среде / А. П. Новиков, С. Н. Калмыков, В. В. Ткачев // Ж. Рос. хим. общ-ва им. Д. И. Менделеева. – 2005. – Т. 49, № 2. – С. 119–126.

5. Основы радиоэкологии и безопасной жизнедеятельности: Пособие для учителей общеобразовательных учреждений / Г.А. Соколик [и др.], под ред. Г.А. Соколик, С.В. Овсянниковой, Т.Н. Ковалевой. Мн.: Тонпик, 2008. – 368 с.
6. Проблемы и перспективы развития химического и радиохимического контроля в атомной энергетике / Сб. докладов шестого научно-технического совещания «Атомэнергоаналитика-2011», Сосновый Бор, 13-15 сентября 2011 г. – СПб.: Изд-во «ВВМ», 2011.
7. Тананаев, И.Г. Методы и подходы к технологическому выделению ценных радионуклидов из отработавшего ядерного топлива / И.Г. Тананаев, Б.Ф. Мясоедов // Радиохимия. – 2016. – Т.58, № 3. – С. 222-228.
8. Фор, Х. Основы изотопной геологии / Х. Фор. – М.: Мир, 1989.
9. Щепина, Н.Е. Ядерно-химический синтез меченных тритием фторзамещенных изохинолиниевых производных / Н.Е. Щепина, В.В. Аврорин, Г.А. Бадун и др. // Радиохимия. — 2017. — Т.59, № 3. — С. 260–263.
10. Jadvar, H., Parker, J.A. Clinical PET and PET/CT. – Springer, 2005. – 279 p.
11. Radiation, People and the Environment. – Vienna: IAEA, 2004.
12. Chemistry Programme for Water Cooled Nuclear Power Plants: Specific Safety Guide. – Vienna: IAEA, 2011.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Доклады студентов на семинарских занятиях, опросы, отчеты по лабораторным работам с их устной защитой, отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой, контрольные работы.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
1. Радиохимия	Радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	Нет	Принять программу без изменений. Протокол № 12 от 12.06.2017
2. Источники ионизирующих излучений		Нет	

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание) (подпись) (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, ученое звание) (подпись) (И.О.Фамилия)