

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ



Зарипова Ю.А.

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

Сборник лекций для студентов по направлению подготовки
«Физические и химические науки»

Алматы 2025

СОДЕРЖАНИЕ

- Лекция 1. Основные ядерно-физические термины и определения.
- Лекция 2. Общие физико-химические свойства радиоактивных соединений.
- Лекция 3. Радиоактивность и закон радиоактивного распада.
- Лекция 4. Основы ядерных реакций.
- Лекция 5. Радиоактивное мечение химических соединений.
- Лекция 6. Производство радионуклидов на циклотроне.
- Лекция 7. Производство радионуклидов на реакторе.
- Лекция 8. Применение медицинских генераторов радионуклидов.
- Лекция 9. Контроль качества радиоактивных изотопов.
- Лекция 10. Применение радиоактивных изотопов.***
- Лекция 11. Радиационная безопасность и обращение с радиоактивными материалами.

Лекция 10. Применение радиоактивных изотопов.

Цель лекции: рассмотреть основные направления практического применения радиоактивных изотопов, раскрыть физические принципы, лежащие в основе их использования, а также показать их значение в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Введение: Радиоактивные изотопы нашли широкое практическое применение в самых разных сферах науки и техники. Благодаря способности испускать ионизирующее излучение, они служат удобным и надёжным инструментом для диагностики, анализа, измерений и контроля различных процессов. Сегодня изотопы используются в медицине для диагностики и лечения заболеваний, в промышленности для дефектоскопии и контроля качества материалов, в сельском хозяйстве для повышения урожайности и защиты растений, а также в научных исследованиях для изучения химических и биологических процессов. Практическое значение радиоактивных изотопов заключается в том, что они позволяют проводить измерения и наблюдения, невозможные другими методами, обеспечивая высокую точность и информативность. В данной лекции рассматриваются основные направления применения радиоизотопов, принципы их использования и преимущества по сравнению с традиционными методами.

Основная часть:

Применение радиоактивных изотопов – одно из наиболее значимых достижений науки XX-XXI веков. Эти вещества открыли новые возможности для медицины, промышленности, сельского хозяйства и исследований. Благодаря радиоизотопам можно не только лечить тяжёлые заболевания и контролировать качество продукции, но и глубже понять механизмы процессов, происходящих в природе.

Применение радиоактивных изотопов в медицине

Радиоизотопы применяются в двух основных направлениях: диагностике и терапии.

1. Радиоизотопная диагностика: Используется для выявления нарушений функций органов, обмена веществ и кровообращения. Метод заключается во введении в организм малых доз радиоактивных веществ - радиофармпрепаратов, которые избирательно накапливаются в определённых органах. Далее проводится сцинтиграфия – регистрация распределения излучения с помощью гамма-камеры, позволяющая построить изображение органа.

Примеры:

- Йод-131: исследование функции щитовидной железы.
- Технеций-99m: визуализация костной системы, печени, почек, сердца.
- Натрий-24: изучение скорости кровотока.
- Фтор-18: применяется в позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) для диагностики опухолей и мозговой активности.

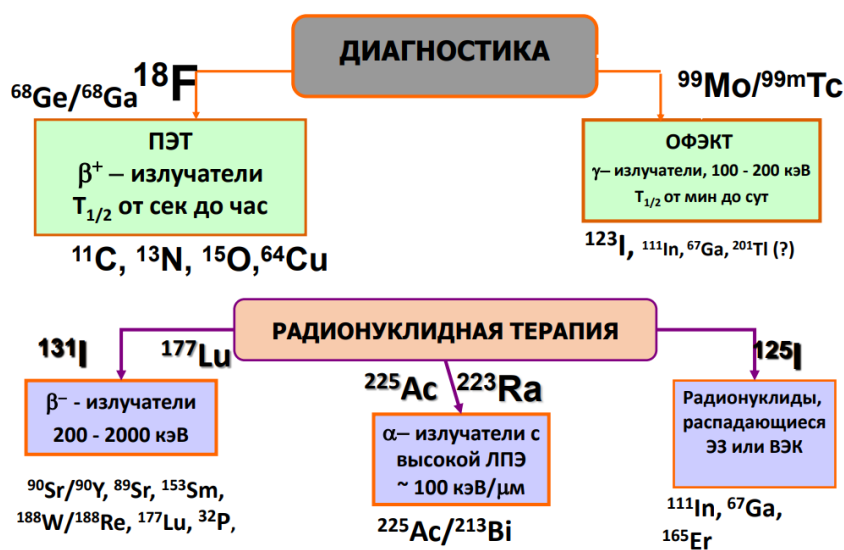
Преимущество метода – высокая информативность и малая инвазивность: пациент не подвергается хирургическому вмешательству, а дозы излучения строго контролируются.

2. Радиоизотопная терапия: Используется для лечения злокачественных опухолей и некоторых заболеваний эндокринной системы. Принцип – разрушение патологических клеток с помощью излучения, при минимальном воздействии на здоровые ткани.

Основные изотопы:

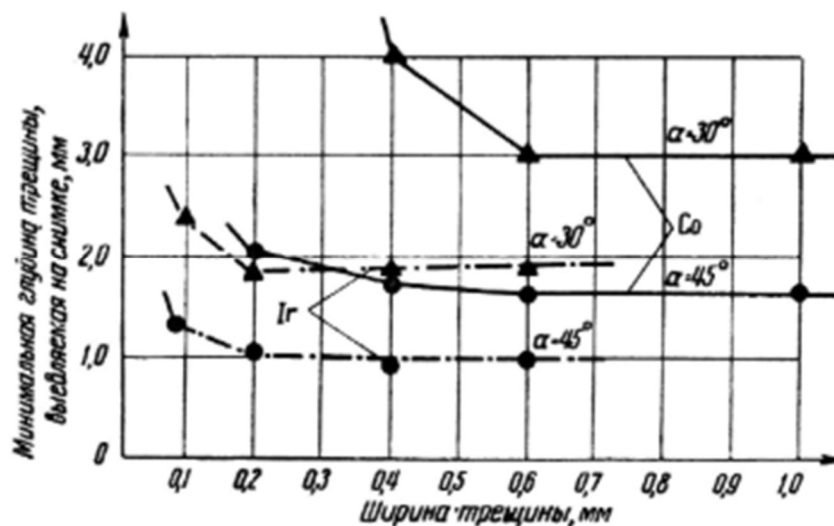
- Кобальт-60: источник гамма-излучения для облучения опухолей (гамма-терапия).
- Цезий-137: аналогичное применение в радиотерапии.
- Йод-131: лечение заболеваний щитовидной железы.
- Фосфор-32: лечение лейкозов и кожных заболеваний.

Используются как стационарные источники, так и имплантируемые: в виде капсул или игл, помещаемых в ткани (брахитерапия).



Применение радиоактивных изотопов в промышленности

1. Радиоизотопная дефектоскопия: Позволяет обнаруживать трещины, пустоты и дефекты в сварных швах, трубопроводах, металлоконструкциях без их разрушения. Принцип основан на различии поглощения излучения в неповреждённых и дефектных участках. Используются источники: Ir-192, Co-60, Cs-137.



Выявляемость трещин в угловых швах в зависимости от направления основного пучка для излучений Co-60 и Ir-192.

2. Изотопные толщиномеры и уровнемеры: Применяются для измерения толщины листовых материалов (металл, бумага, пластик) и уровня жидкостей в резервуарах. Измерение основано на зависимости интенсивности прошедшего излучения от толщины или плотности вещества.

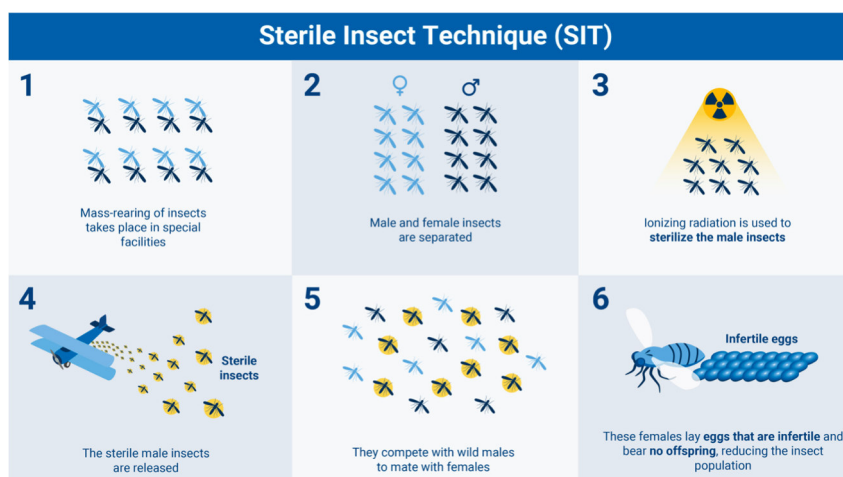
3. Радиоактивные трассеры: Метод изотопного мечения используется для изучения движения веществ в технологических процессах, например, перемещения нефти в трубопроводах, утечек газа, циркуляции охлаждающей жидкости.

Применение в сельском хозяйстве

1. Изотопная селекция: Облучение семян и растений вызывает мутации, из которых можно отобрать формы с полезными признаками: устойчивостью к засухе, вредителям, болезням. Так получены сотни новых сортов пшеницы, риса, ячменя, хлопка.

2. Изучение физиологии растений: С помощью радиоактивных изотопов можно проследить путь питательных веществ, воды и удобрений в растении. Пример: фосфор-32 применяется для изучения усвоения удобрений корневой системой.

3. Стерилизация насекомых-вредителей: Ионизирующее излучение используется для облучения насекомых, после чего они теряют способность к размножению. Метод широко применяется для борьбы с насекомыми, заражающими сельхозкультуры (метод стерильных самцов).



Применение в научных исследованиях

- Изучение химических реакций. Радиоизотопы служат «метками», по которым отслеживают путь атомов в реакциях.
- Биохимия и медицина. С помощью изотопов углерода, азота, кислорода изучают обмен веществ в организме.
- Археология и геология. Радиоуглеродный метод с использованием углерода-14 позволяет определять возраст органических остатков до 50 тысяч лет.
- Гидрология и экология. Изотопы помогают определять скорость движения подземных вод, загрязнение рек и атмосферных потоков.

Меры радиационной безопасности

Работа с радиоактивными веществами требует строгого соблюдения норм безопасности. Основные принципы:

1. Время: минимизировать длительность контакта с источником.
2. Расстояние: увеличивать дистанцию до источника.
3. Экранирование: использовать свинец, бетон, воду для защиты.
4. Контроль доз: обязательное применение дозиметров.
5. Хранение и утилизация: специальные контейнеры, строгий учёт отходов.

Соблюдение этих мер позволяет использовать изотопы безопасно и эффективно.

Заключение:

Радиоактивные изотопы являются важным инструментом современной науки и техники. Их использование открыло новые возможности для решения практических задач в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и исследовательской деятельности. Радиоизотопные методы позволяют проводить высокоточные измерения, контролировать качество материалов, диагностировать заболевания и изучать сложные процессы в живых и неживых системах. Однако применение радиоактивных веществ требует строгого

Зарипова Ю.А. Yuliya.Zaripova@kaznu.edu.kz

соблюдения правил радиационной безопасности и контроля за обращением с ними. Только при ответственном и грамотном использовании изотопы приносят значительную пользу, не представляя опасности для человека и окружающей среды. Таким образом, понимание принципов действия и областей применения радиоактивных изотопов является необходимым элементом подготовки специалистов, связанных с естественными и техническими науками.

Контрольные вопросы:

1. Какие два основных направления применения радиоизотопов выделяют в медицине? Приведите примеры изотопов, используемых в каждом из них.
2. В чём заключается принцип радиоизотопной дефектоскопии и какие источники излучения используются в промышленности для этой цели?
3. Какие методы применения радиоактивных изотопов используются в сельском хозяйстве для повышения урожайности и защиты растений?
4. Назовите основные принципы радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами.
5. Как работают изотопные толщиномеры и уровнемеры, и где они применяются?

Список использованных источников:

1. Miladjenovic M. Radioisotope and Radiation Physics. – Academic Press, 2012. – eBook ISBN: 9780323158916.
2. Денисов Е. И. Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения: учебное пособие. – Издательство Уральского университета, 2017. – 94 с.
3. Болотин Д.С. Радиоактивность и её применение. – Казань: Бук, 2024. – 182 с.