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

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.

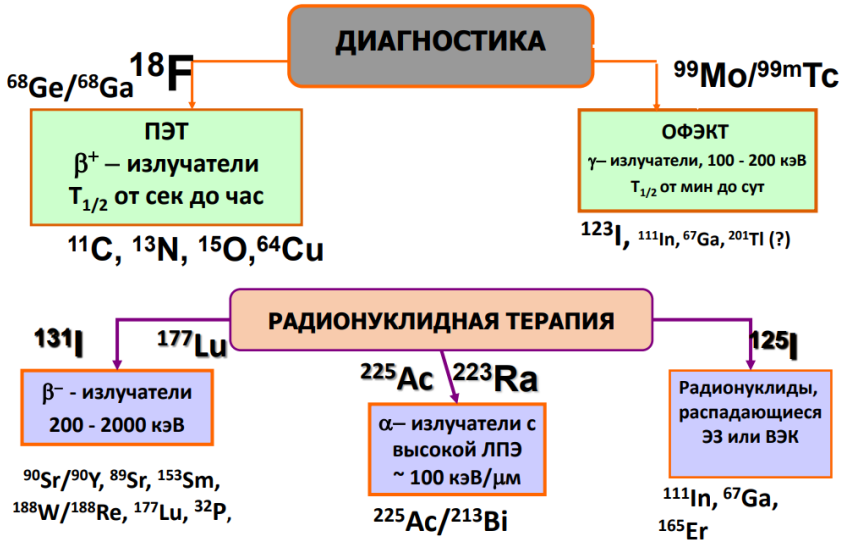
Преимущество метода – высокая информативность и малая инвазивность: пациент не подвергается хирургическому вмешательству, а дозы излучения строго контролируются.

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:

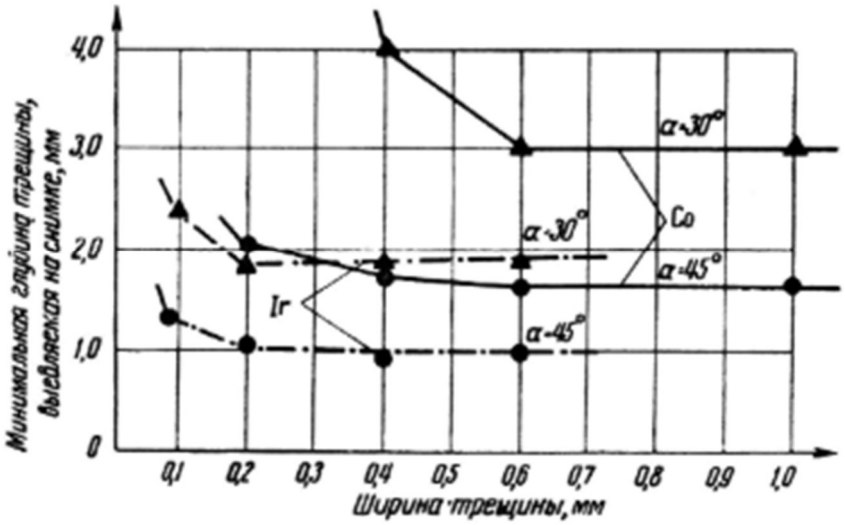
- Кобальт-60: источник гамма-излучения для облучения опухолей (гамма-терапия).
- Цезий-137: аналогичное применение в радиотерапии.
- Йод-131: лечение заболеваний щитовидной железы.
- Фосфор-32: лечение лейкозов и кожных заболеваний.

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.

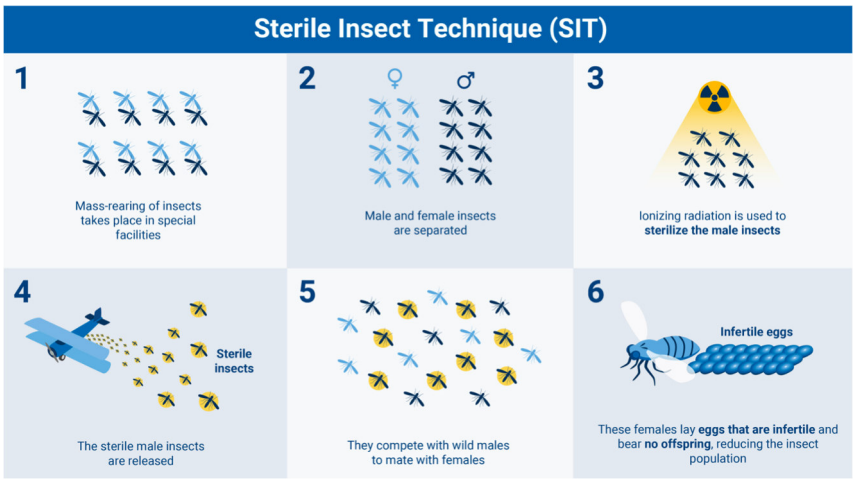
3. Радиоактивные трассеры: Метод изотопного мечения используется для изучения движения веществ в технологических процессах, например, перемещения нефти в трубопроводах, утечек газа, циркуляции охлаждающей жидкости.

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

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. – e□ook 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.