

Лекция №6

Активационные методы

- *Активационный анализ* – метод определения качественного и количественного состава исследуемых объектов путем измерения радиоактивного излучения ядер, возбуждаемых в процессе индуцированных ядерных превращений. Для воздействия на ядра элементы облучают различными ядерными частицами и жесткими γ -квантами. Ядерные взаимодействия бомбардирующих частиц разных типов различаются по характеру и сложности протекающих процессов.

- Возбужденные ядра, образовавшиеся при облучении, в течение короткого времени (10^{-18} – 10^{-12} сек) переходят в основное состояние, испуская при этом характеристическое ядерное излучение. Конечными продуктами в зависимости от исходных ядер и протекающих ядерных процессов могут быть как стабильные, так и радиоактивные ядра. Последние распадаются с соответствующим периодом полураспада и по определенной схеме распада

- В практике активационного анализа для облучения образцов используют разнообразные источники нейтронов, в которых нейтроны обычно получаются в результате ядерных реакций. Основные характеристики источников нейтронов – мощность источника, определяемая числом нейтронов, испускаемых в единицу времени (*нейтрон/сек*), и энергетический спектр нейтронов.
- Нейтроны, равномерно распространяясь от источника во всех направлениях, создают в каждой точке пространства в окрестностях источника определенную плотность нейтронов n , равную числу нейтронов в единице объема (*нейтрон/см³*).

В настоящее время
атомные реакторы –
наиболее мощные
источники нейтронов.



*Ядерный реактор ИРТ
(МИФИ)*

Нейтронно-активационный анализ (НАА)

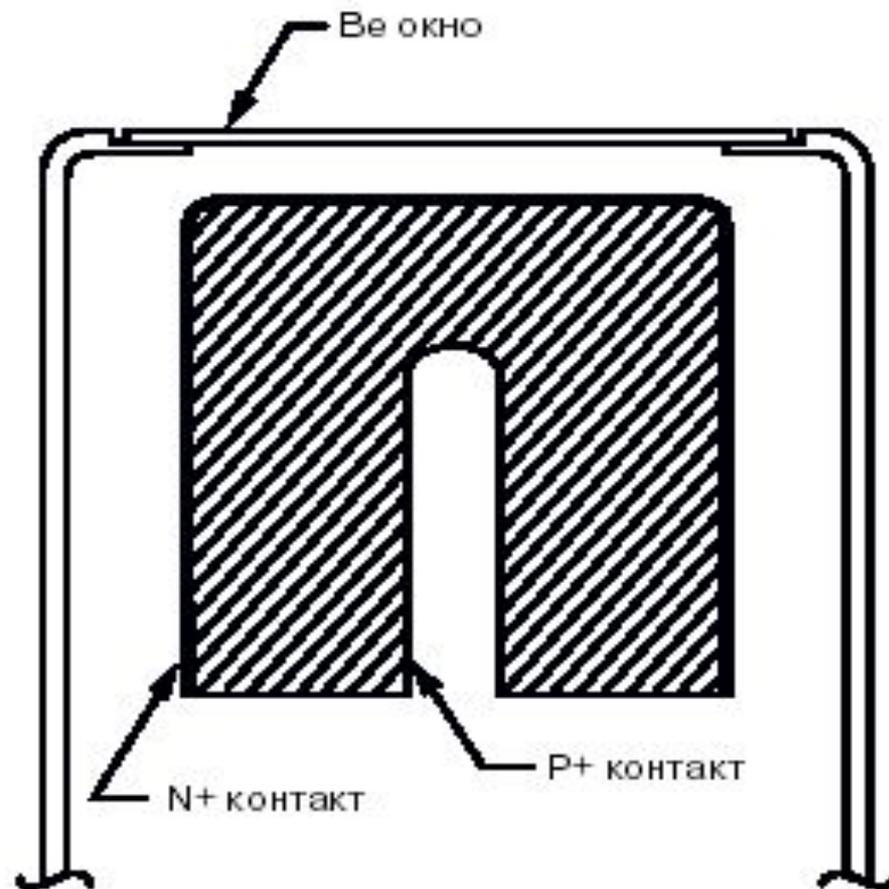
В соответствии с энергией нейтронов, используемых для активации, различают три метода НАА: активационный анализ на тепловых, резонансных и быстрых нейтронах. Каждый из этих методов имеет определенные достоинства и в то же время сталкивается со специфическими трудностями, не свойственными другим методам нейтронного активационного анализа

- Из методов НАА наибольшее признание и применение получил активационный анализ на тепловых нейтронах.
- Такое значение этот метод приобрел, так как он применим к подавляющему числу элементов периодической системы, и в большинстве случаев отличается исключительно высокой чувствительностью определения. Анализ показывает, что из 84 стабильных и долгоживущих естественных радиоактивных (U и Th) элементов с помощью активации тепловыми нейтронами сравнительно просто и с высокой чувствительностью можно обнаружить и количественно определить 74 элемента в том числе уран и торий

- НАА обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами. Отсутствует химическая подготовка пробы, что исключает погрешности за счёт привноса или удаления элементов вместе с реактивами.
- Методика НАА заключается в облучении исследуемых проб в реакторе потоком тепловых нейтронов и последующем измерении наведенной активности на гамма-спектрометре с полупроводниковыми детекторами.



*Германиевый детектор
XtRa (Canberra)*



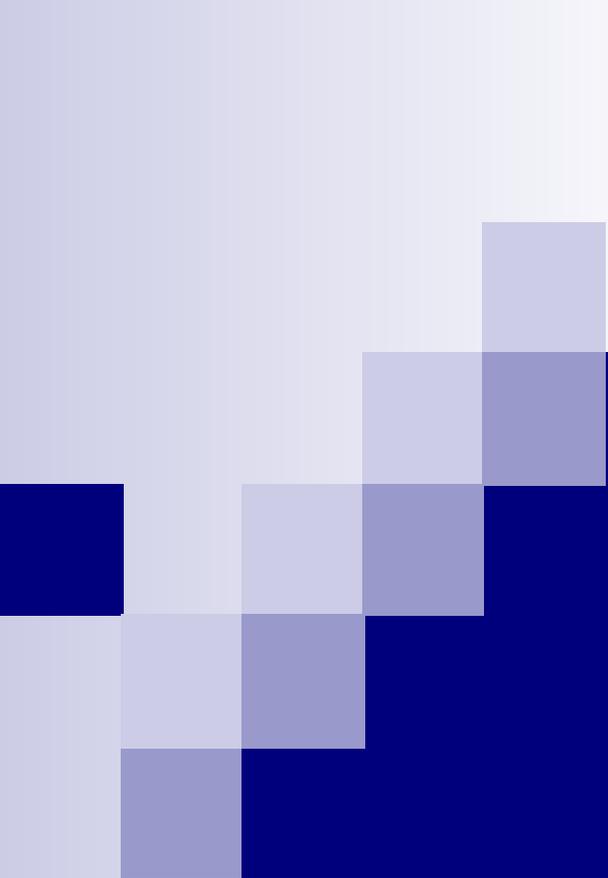
*Конструкция
германиевого детектора
(Canberra)*

Метод запаздывающих нейтронов (МЗН)

Метод определения по запаздывающим нейтронам основан на явления испускания этих нейтронов при делении тяжелых элементов.

Методика разработана Е.Г. Вертманом, Ю.М. Столбовым и Р.П. Мещеряковым в Томском политехническом университете и заключается в регистрации запаздывающих нейтронов, которые, в отличие от мгновенных нейтронов, сопровождающих деление ядер тяжелых элементов, испускаются с запаздыванием на время, определяемое периодом полураспада изотопов, так называемых “предшественников запаздывающих нейтронов”. Предшественники запаздывающих нейтронов являются осколками деления ядер ^{235}U , ^{238}U и ^{232}Th . Периоды полураспада основных шести групп запаздывающих нейтронов составляют от десятых долей секунды до минуты

- МЗН позволяет определять уран, торий и золото.
- Содержание урана определяют, регистрируя запаздывающие нейтроны, испускаемые продуктами деления ^{235}U , который делится тепловыми нейтронами.
- Методика рекомендуется для определения урана при его содержании от 0,00005 до 1 % в различных магматических, осадочных, метаморфических породах, рудах и минералах, содержание тория в которых не более чем в десять раз превышает содержание урана
- Предел обнаружения МЗН значительно ниже, чем у традиционных методов анализа и равен $2 \cdot 10^{-7}$ % для U и $4 \cdot 10^{-5}$ % для Th.



Лекция №6

Радиометрические методы

- Под радиометрическими методами подразумеваются методы исследования радиоактивных руд и горных пород, основанные на измерении радиоактивных излучений.
- Радиометрические, методы широко применяют на всех этапах поисков, разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых для определения природных радионуклидов в горных породах, рудах и продуктах их переработки.

Гамма-метод

При полевых исследованиях проводится гамма-съемка которая позволяет проводить измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, как на дневной поверхности, так и в подземных горных выработках и скважинах (γ -каротаж).

В зависимости от условий проведения γ -съемки и требований, предъявляемых к ее результатам, применяются различные приборы с разной чувствительностью к γ -излучению. Наибольшей чувствительностью обладают приборы со сцинтилляционными счетчиками.

- Приборы для измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения называются – радиометры. Большинство приборов позволяют проводить измерение мощности экспозиционной дозы гамма излучения от 0,1 до 10000 мкр/ч в энергетическом диапазоне от 80 кэВ до 2,6 МэВ.



Радиометр СРП-88Н

- Лабораторный γ -метод применяется для определения содержания в пробах γ -излучающих радиоактивных элементов.
- Измерения γ -излучения проб проводятся исключительно импульсным методом или со сцинтилляционными счетчиками. Применение последних позволяет производить γ -измерения с высокой чувствительностью. Активность пробы сравнивается при одинаковых геометрических условиях с активностью эталона с последующими вычислениями.
- С использованием сцинтилляционных спектрометров метод применяют в основном для отдельного определения U, Ra, Th, K в пробах горных пород и руд. В отечественной полевой практике чаще всего используются приборы РКП-305, РКП-306 и н.д.

β-метод

Полевые методы с применением β-метода предназначены для оконтуривания ореолов рассеяния радиоактивных элементов в поверхностном слое горных пород или почв. При этом фиксируется не только солевой ореол радиоактивных элементов, но и эманационный ореол (по β-излучению продуктов распада эманации). При (β-съемке наряду с β-излучением регистрируется и γ-излучение пород.

- В лабораторной практике β -метод является основным радиометрическим методом определения содержания урана в пробах равновесных урановых руд. Радиоактивность пробы по β -лучам сравнивается с радиоактивностью эталона в одинаковых геометрических условиях измерения. Толщина слоя пробы и эталона должна быть насыщенной для β -лучей (не меньше $1,5 \text{ г/см}^2$).

- Измерение β -излучения производится ионизационным методом на чаще всего импульсным методом на лабораторных радиометрах.
- Кроме самостоятельного применения, β -метод используется в комплексе с γ -методом для измерения ураноториевых и неравновесных руд.

α-метод

- Альфа-метод применяется для измерения альфа-излучения и определения концентрации радиоактивных элементов (^{226}Ra , ^{222}Rn , U и н.д.) в измельченных пробах радиоактивных руд и пород.
- Альфа-излучение радиоактивных изотопов характеризуется спонтанным испусканием альфа-частиц (или ядер ^4He) с характеристическими энергиями, находящимися обычно в интервале от 4 до 6 МэВ.

Применение альфа-спектрометрии является непростой задачей вследствие самой природы альфа-частиц. Однако, при соответствующем оборудовании, хороших экспериментальных навыках, тщательной подготовке образцов и необходимом внимании к специфическим проблемам можно рассчитывать на успешное осуществление исследований.

В системах для измерения альфа-излучения используются газопроточные пропорциональные счетчики, ячеистые сцинтилляционные системы и жидкостные сцинтилляционные счетчики совместно с такими электронными компонентами, как источник высокого напряжения, предусилитель, усилитель, счетные и записывающие устройства. Для измерения урана дополнительно предлагается технология, использующая флуорометрию и альфа-спектрофотометрическую технику