

В докладе дан обзор существующих методов обнаружения ядерных материалов и обоснована перспективность метода обнаружения ядерных материалов с помощью импульсного пучка фотонов [1].

На основе численного моделирования переноса импульсного пучка фотонов тормозного излучения с граничной энергией 30 МэВ и рожденных фотонейтронов в объектах, в которых находится и отсутствует скрытый ядерный материал, определены отличительные особенности и получены характеристики потока вторичных нейтронов, выходящих из объекта [2,3].

Показано, что при воздействии на объект импульсным пучком фотонов высокой энергии можно обеспечить обнаружение ядерных материалов с высокой избирательностью и чувствительностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головков В.М., Чахлов В.Л., Штейн М.М. Способ и устройство для обнаружения делящихся материалов. Патент на изобретение РФ №2249201, G01N/23, приоритет от 15.03.2003, опубл. 27.03.2005 Бюл. №9.
2. Исаев В.В., Головков В.М. Программа расчета генерации вторичных нейтронов при воздействии электромагнитного излучения на гетерогенные объекты // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 09.01.2014 № 2014610380
3. Головков В.М. Численная модель генерации нейтронов в гетерогенном объекте под действием импульсного тормозного излучения // Известия вузов. Физика, т.57, №11/2, 2014. – С. 316 — 320.

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАБОРА ПАРАМЕТРОВ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА FRAM НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Д.Ф. Гончаров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [dmitry.goncharov.1994@gmail.com](mailto:dmitry.goncharov.1994@gmail.com)

Гамма-спектрометрические методы анализа, основанные на исследовании энергетических спектров гамма-излучения, получили широкое распространение в сфере атомной энергетики, в частности, в области учета и контроля ядерных материалов[1]. Такой метод имеет ряд преимуществ, такие как высокая точность и малые затраты времени, а также возможность проводить как качественный, так и количественный анализ, а также он является методом неразрушающего анализа.

Исследования делящегося материала гамма-спектрометрическим методом проводились с использованием программного пакета FRAM. FRAM – программный пакет, реализующий метод соотношения пиков полного поглощения для анализа спектров амплитуд импульсов, полученных с детекторов гамма-излучения высокого разрешения. Для расчёта изотопного состава FRAM использует известные фундаментальные параметры – такие, как периоды полураспада и квантовые выходы линий[2]. Данный способ расчета обеспечивает независимость результатов анализа от размеров, формы и химического состава образца, геометрии измерения и параметров контейнера, а также, отсутствует необходимость в калибровке с помощью стандартных образцов, что делает использование данного пакета экономически выгодным.

В качестве делящегося материала был выбран образец стандартного изотопного состава урана, обогащенного до 90% по изотопу  $U^{235}$ . Для измерений использовался германиевый полупроводниковый коаксиальный детектор производства фирмы Canberra. Программный пакет FRAM позволяет устанавливать различные коэффициенты, учитывающие уникальность образца, его материального состава, геометрического параметра. Однако производителем предусмотрено четыре стандартных настройки. В работе произведено сравнение измеренных величин обогащения при разных стандартных настройках.

В результате эксперимента, были сделаны следующие выводы: погрешность измерений сильно зависит от правильного выбора параметров; для образца с обогащением 90% по изотопу  $U^{235}$  подходит только одна из стандартных настроек, так как измерения с использованием остальных настроек имеют погрешность больше 5%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы измерений ядерных материалов: учеб. пособие для вузов / Бушуев А.В. – М. : МИФИ, 2001. – ISBN 5-7262-0386-0.
2. Томас А. Келли, Томас Е. Семпсон, Доротея Де Лэнн. PC/FRAM: Алгоритмы для измерения изотопного состава плутония с помощью гама-спектрометрии. Перевод с английского. Лос-Аламос, Нью-Мексико, 87545, США.

#### МЕТОДЫ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

В.В. Дисюк, А.И. Карпенко, Н.А. Невоструев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [valek\\_diss@mail.ru](mailto:valek_diss@mail.ru)

На сегодняшний день проблема утилизации радиоактивных отходов находится в центре внимания специалистов по всему миру, однако до сих пор не найдено приемлемого способа ее решения. Варианты решения проблемы обсуждаются научными сообществами и имеются различные предложения.

Целью данной работы является ознакомление с основными методами переработки РАО и требованиями к подготовке к захоронению.

К радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию вещества, материалы, смеси, изделия, удельная активность техногенных радионуклидов в которых превышает минимально значимой удельной активности. В настоящее время освоен ряд методов переработки радиоактивных отходов, для которых ведутся работы по усовершенствованию, например, методы прессования, сжигания, остекловывания, очистки и др. В то же время ряд новых методов проходит стадию апробации полупромышленных масштабах.

На данный момент одним из основных способов утилизации радиоактивных отходов остаётся их захоронение. Так как технологии не совершенны и пока еще не позволяют полностью избавиться от РАО, то самым оптимальным выходом будет отходы преобразовывать в такой вид, который был бы стабилен и не опасен, и воздействие атмосферы не влияло бы на их хранение.

Метод остекловывания является самым оптимальным для сокращения объёмов РАО, а схема захоронения РАО в цементной матрице по принципу "вложенности", позволяет решить проблему иммобилизации и захоронения большинства видов РАО с минимальными затратами, так как утилизируемая среда, затворенная в цементную матрицу, практически используется в качестве строительного материала, и сама создает защитные барьеры, в первую очередь для более высокоактивных отходов. Многобарьерность системы изоляции РАО обеспечивается взаимным расположением кондиционированных отходов, когда матричный материал менее активных РАО служит барьером, предотвращающим или сдерживающим миграцию радионуклидов из матричного материала более высокоактивных РАО. Сбалансированное сочетание компонентов такой многобарьерной системы делают ее приемлемой для надежной изоляции РАО и обеспечивают безопасность для их хранения.