

## Коррекция на внутреннее поглощение для задачи определения активности радиоактивных отходов

При создании спектрометрического комплекса, предназначенного для измерения активности счетных образцов по гамма-излучению в геометрии 200 литровой бочки с жидкими или твердыми радиоактивными отходами нами исследовалось влияние неомогенности контролируемых отходов на результат оценки активности. Разработанная методика расчета активности основывалась на калибровке спектрометра по набору точечных источников (СОСГИ-М) с последующим пересчетом к реальной геометрии контейнера с радиоактивными отходами (200 литровой бочки).

Использованное оборудование и эталонные источники.

«Паспортизатор РАО» - комплекс спектрометрический (рис.1), предназначенный для измерения активности счетных образцов по гамма-излучению в геометрии 200 литровой бочки или контейнера с жидкими или твердыми радиоактивными отходами.



Рис.1

- «Паспортизатор РАО» представляет собой измерительное устройство в составе которого :
- измерительный тракт с соответствующим блоком детектирования (сцинтилляционным детектором или детектором на основе кристалла из особо чистого германия);
  - процессор импульсных сигналов SBS, установленный в персональный компьютер;
  - обеспечение программное специализированное «Гамма Про»;
  - электромеханическое поворотное устройство;

В качестве эталонных источников использовались 23 точечных источника Eu-152 суммарной активностью  $3.348 \cdot 10^6$  Бк и 7 точечных источников Ba-133 суммарной активностью  $3.439 \cdot 10^5$  Бк типа СОСГИ-М. Погрешность аттестации источников 3% ( $P=0.95$ ).

## Калибровка спектрометра по эффективности регистрации

Первоначальная калибровка спектрометра проводилась по точечным источникам (СОСГИ) расположенным на расстоянии 10 и затем 20 см от верхней крышки детектора. Измерение на двух расстояниях позволяло экспериментально определить эффективность и глубину регистрации гамма-квантов в зависимости от энергии.

В дальнейших расчетах программа автоматически пересчитывала по методу «Монте-Карло» эффективность регистрации для задаваемой формы и материала образца. На рисунке 2 приведено соответствующее окно программы.

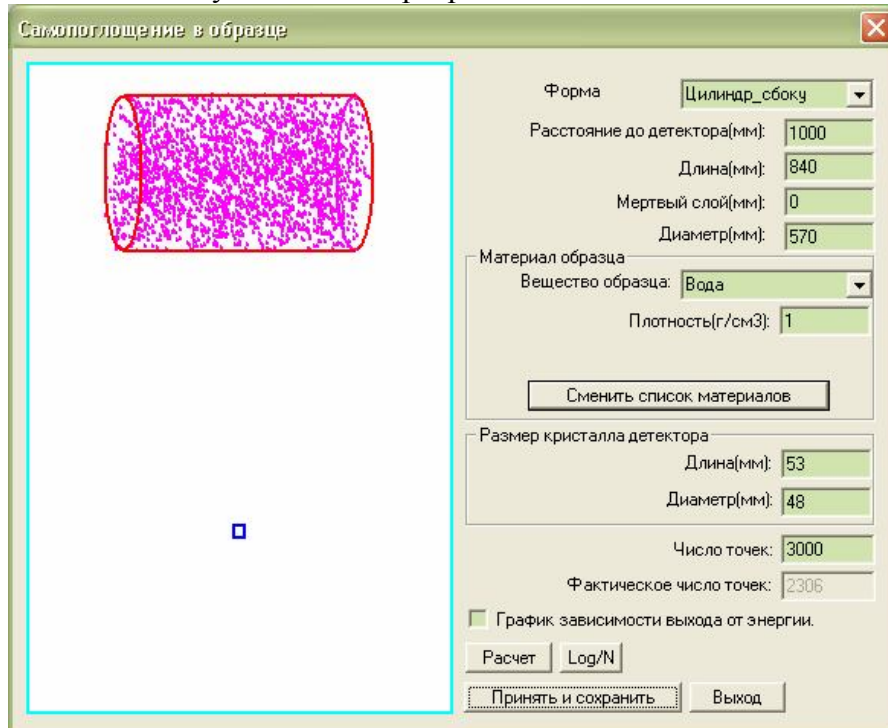


Рис 2. Диалог выбора формы и материала образца.

## Использование модели «мертвого слоя» для учета неомогенного распределения активности в образце

В реальных экспериментах использовалась 200 литровая стальная бочка (толщина стенки 1.4 мм) в которую погружались источники размещенные в герметичных пластиковых ампулах и могла наливаться вода. (см. рис 3)

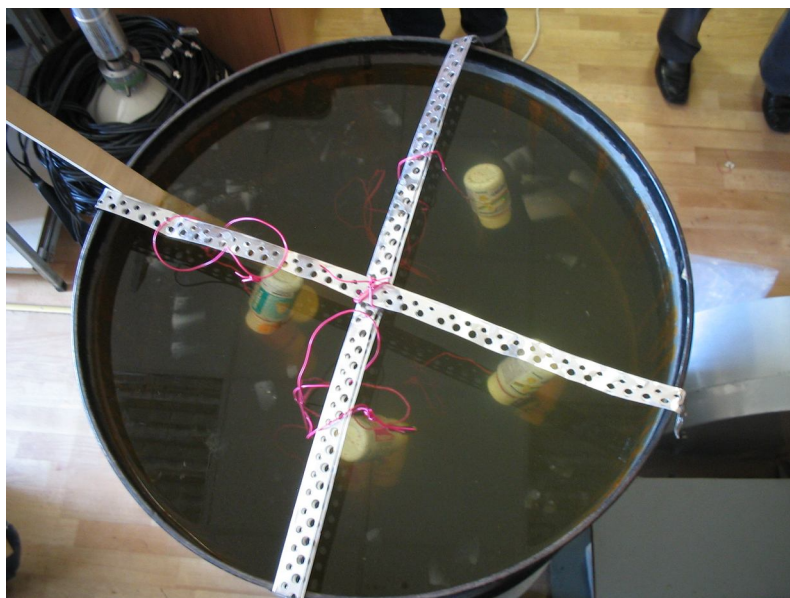


Рис 3. Вид сверху на бочку с погруженными источниками

Для оценки неопределенности определения активности, связанной с негомогенностью образцов, источники располагались в разных местах бочки и проводились измерения как с вращением бочки во время экспозиции, так и неподвижной бочки.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что без воды даже в самом «плохом» случае, когда все источники сложены в одной стороне на дне бочки, вращение позволяет получить 10% неопределенность определения активности. Без вращения неопределенность может достигать 40%.

Результаты становятся гораздо хуже в случае бочки наполненной водой. Так как расчет эффективности проводится на основе предположения о гомогенности образца, в случае достаточно плотной среды неопределенность связанная с неравномерным расположением источников в объеме бочки становится большой и может достигать сотен процентов. Однако при наличии в спектре нуклидов имеющих более одной хорошо видной линии, появляется возможность оценить несоответствие наблюдаемого спектра и предполагаемого из расчетов. На рисунке 4 показана модель, используемая для такого расчета. В случае 1, когда большая часть активности сосредоточена в глубине образца, толщина поглощающего слоя оказывается недооцененной и активности более мягких линий «проваливаются», по сравнению с жесткими линиями. Предположив, что некоторый наружный слой вещества пробы (в нашем случае воды) свободен от излучающих элементов и является дополнительной защитой («мертвый слой»), можно подобрать такую его толщину, чтобы активность по всем линиям оказалась примерно одинаковой. В программе критерием является сумма квадратов нормированных на дисперсию отклонений активностей от константы, определяющей конечную активность.



Рис 4. Различные варианты расположения источников в объеме бочки.

В случае 2, когда активность сосредоточена во внешнем слое источника, поглощение оказывается «переоцененным» и активность мягких линий заниженной. В этом случае мы предполагаем существование внутреннего «мертвого слоя» расположенного в середине образца. Вводя соответствующую поправку в модель для расчета эффективности по методу «Монте-Карло», подбираем диаметр этого мертвого слоя по тому же критерию выравнивания активностей.

Реализованная на основе этого подхода, процедура уточнения поглощения излучения в плотных пробах позволила уменьшить неопределенность определения активности негомогенных образцов до приемлемых 50%.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных измерений, расчета активности и сравнения экспериментальных данных с паспортными значениями активности образцовых источников, можно сделать выводы:

1. При измерении активности источника порядка  $4 \cdot 10^6$  Бк в течении 1 часа в отсутствии наполнителя **без вращения бочки** отклонение от паспортного значения 40% превышает значение расширенной неопределенности 25%.

2. Расширенная неопределенность измерений активности источника порядка  $4 \cdot 10^6$  Бк в течении 1 часа с вращением бочки не превышает 35% с наполнителем водой с отклонением от паспортного значения не более 25%.

3. При измерении активности источника порядка  $4 \cdot 10^6$  Бк в течении 1 часа с наполнителем водой **без вращения бочки** отклонение от паспортного значения 50% превышает значение расширенной неопределенности 45%.

4. Расширенная неопределенность измерений активности источника порядка  $4 \cdot 10^6$  Бк в течении 1 часа с вращением бочки не превышает 40% с наполнителем мусор с отклонением от паспортного значения не более 15%.

5. Расширенная неопределенность измерений активности равномерно распределенного насыпного гранулированного источника порядка 1000 Бк в течении 1 часа с вращением бочки не превышает 42% без дополнительного поглотителя в бочке с отклонением от паспортного значения не более 32%.

6. Расширенная неопределенность измерений в течении более 1 часа активности точечного источника порядка 50000 Бк, помещенного на дне, на половине высоты и на поверхности при вращении бочки с водой не превышает 60% с отклонением от паспортного значения не более 57%.

7. МДА в геометрии «бочка» с опилками по радионуклидам Cs-137 и Co-60 не превышает 250 Бк.

8. МДА в геометрии «бочка» с водой по радионуклидам Cs-137 и Co-60 не превышает 900 Бк и 700 Бк соответственно.