

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА МИНИМАЛЬНО ДЕТЕКТИРУЕМОЙ АКТИВНОСТИ Sr-90

Зубарев В. Н., Жуковский А. И., Хаджинов Е. М., Чудаков В. А.

*Международный государственный экологический университет
имени А. Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь*

В данной работе описана методика «Экспресс оценки минимально детектируемой активности Sr-90 на экспертном бета-гамма-СИЧ». Данная методика является одним из способов определения МДА Sr-90 с учетом антропометрических данных характеристик тела человека и предположением, что распространение данного радионуклида в костях носит равномерный характер.

На сегодняшний день актуальной задачей является определение содержания инкорпорированного Sr-90 «in vivo». Основной сложностью, с которой приходится сталкиваться разработчикам необходимой аппаратуры, является тот факт, что Sr-90 – чистый «бета-распадчик». В связи с этим регистрация Sr-90 производится по тормозному рентгеновскому излучению или непосредственно эмитируемому бета-излучению.

В случае регистрации по тормозному рентгеновскому излучению трудность заключается в том, что полный выход тормозного излучения составляет по порядку величины всего лишь несколько квантов на сотни испущенных бета-частиц [1].

Для решения задачи прямой регистрации бета-излучения Sr-90 в настоящее время в Республике Беларусь разрабатывается информационно-измерительный комплекс «Экспертный бета-гамма-СИЧ». Установкой для контроля бета-излучения, исходящего из тела человека (бета-гамма-СИЧ), является четырехдетекторная система регистрации смешанных бета-гамма-полей на основе детекторов типа «фосвич», расположенных на системе позиционирования и помещенных в защитную камеру, блок обработки информации и специальное программное обеспечение.

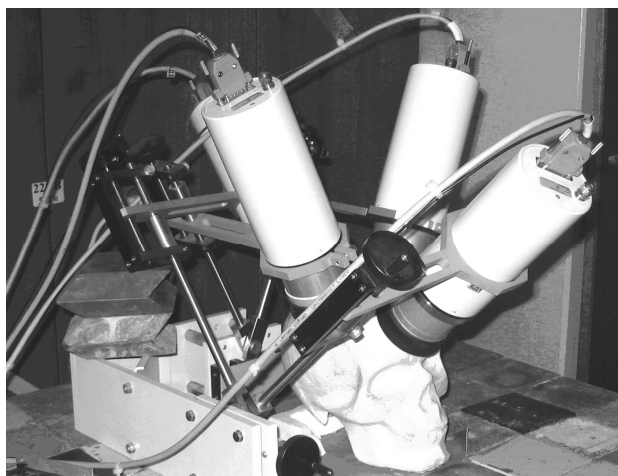


Рис. 1. Экспериментальная установка бета-гамма-СИЧ

Данная установка может использоваться в комплексе с защитной камерой и без нее. С целью сравнения полученных результатов по измерениям Sr-90 и необходимостью сравнения для оптимизации проведения измерений была проведена оценка минимально детектируемой активности (МДА) Sr-90 в обоих случаях. Существуют два основных метода оценки МДА. Первый метод основан на проведении серий 30–50 однотипных измерений, по каждому из которых проводится расчет активности необходимого радионуклида. Полученные значения активностей будут иметь некоторую дисперсию. Распределение ошибок можно считать имеющим форму нормального закона, и, принимая уровень значимости, равный 0.95, можно оценить МДА как удвоенное среднеквадратичное отклонение оценки содержания искомого изотопа от его среднего значения [2]. Второй способ, получивший название «Экспресс-оценка МДА», является более простым и не требует значительного времени на проведение серий, по меньшей мере, нескольких десятков однотипных измерений. Минимально детектируемая активность (МДА) Sr-90 определяется по суммарному бета-спектру Sr-90 + Y-90 с учетом известных активностей сопутствующих гамма-изотопов в области 200 кэВ, 2,5 МэВ. Сопутствующими стронцием-90 изотопами являются Cs-137 и K-40 [2].

Расчет минимально детектируемой активности Sr-90 проводился по следующей формуле:

$$MDA_0 = \frac{4}{T_w S_0} \sqrt{I_w + I_{bg} \left(\frac{T_w}{T_b}\right)^2 + \sum_j (I_j + I_{bg}) \left(\frac{T_w}{T_b}\right)^2 \left(\frac{A_{jw}}{A_{jb}}\right)^2},$$

где T_b – время набора «опорных» и фонового спектров, с; T_w – время набора рабочего спектра, с;

I_{bg} – количество импульсов в «окне» фонового спектра, имп.; I_j – количество импульсов от j -го изотопа в «окне» опорного спектра, имп.; I_w – количество импульсов в «окне» рабочего спектра, имп.; A_j – активность радионуклида j , Бк;

$$S_0 = \frac{I_j}{A \cdot T} - \text{чувствительность детектора к рассматриваемому изотопу в выбранной области энергетического спектра}$$

(I_j – количество импульсов от j -го изотопа в «окне» опорного спектра за вычетом вклада фона).

Измерения проводились с использованием аттестованных БелГИМом фантомов головы человека с содержанием изотопов Cs-137, K-40 и Sr-90, представляющих собой гетерогенные системы с заданными активностями изотопов по слоям.

На основании предложенной методики экспресс-оценки МДА Sr-90 были получены следующие результаты:

Таблица 1

Значения МДА без защитной камеры

| Активность сопутствующих изотопов, Бк | | Время, с | МДА Sr-90 для отдельных блоков, Бк | | Значение МДА Sr-90, Бк | | |
|---------------------------------------|------|----------|------------------------------------|--------|------------------------|-------|---------|
| Cs-137 | K-40 | | Блок 1 | Блок 3 | на пробу | на кг | на тело |
| – | 24 | 36000 | 83 | 65 | 51 | 98 | 492 |
| – | 548 | 36000 | 124 | 95 | 75 | 145 | 723 |
| | | 3600 | 290 | 224 | 177 | 341 | 1705 |
| | | 1800 | 395 | 311 | 244 | 470 | 2350 |
| | | 900 | 560 | 438 | 345 | 663 | 3315 |
| 850 | 24 | 36000 | 131 | 99 | 79 | 152 | 758 |
| | | 3600 | 311 | 236 | 188 | 362 | 1809 |
| | | 1800 | 430 | 324 | 259 | 497 | 2487 |
| | | 900 | 606 | 455 | 364 | 700 | 3499 |

Таблица 2

Значения МДА с использованием свинцовой защиты

| Активность сопутствующих изотопов, Бк | | Время, с | МДА Sr-90 для отдельных блоков, Бк | | | | Значение МДА Sr-90, Бк | | |
|---------------------------------------|------|----------|------------------------------------|--------|--------|--------|------------------------|-------|---------|
| Cs-137 | K-40 | | Блок 1 | Блок 2 | Блок 3 | Блок 4 | на пробу | на кг | на тело |
| – | 24 | 36000 | 24 | 30 | 37 | 134 | 17 | 32 | 160 |
| | | 3600 | 46 | 81 | 72 | 209 | 34 | 66 | 332 |
| | | 1800 | 67 | 114 | 101 | 298 | 50 | 95 | 476 |
| | | 900 | 92 | 174 | 146 | 415 | 70 | 135 | 673 |
| – | 548 | 36000 | 97 | 139 | 37 | 120 | 33 | 63 | 313 |
| | | 3600 | 232 | 315 | 93 | 276 | 80 | 154 | 769 |
| | | 1800 | 323 | 433 | 127 | 382 | 110 | 211 | 1053 |
| | | 900 | 453 | 597 | 185 | 531 | 158 | 303 | 1515 |
| 850 | 24 | 36000 | 105 | 145 | 43 | 124 | 36 | 70 | 351 |
| | | 3600 | 261 | 347 | 104 | 310 | 89 | 172 | 858 |
| | | 1800 | 362 | 487 | 144 | 431 | 124 | 238 | 1190 |
| | | 900 | 505 | 675 | 196 | 599 | 169 | 326 | 1628 |

Таким образом, из полученных в ходе исследований результатов, видно:

Используемый метод экспресс-оценки позволяет сократить время измерения.

Полученное значение МДА Sr-90 за 30 мин измерения без защитной камеры составляет 2500 Бк (при наличии сопутствующих радионуклидов Cs-137 и K-40) и 2350 Бк (при наличии сопутствующего радионуклида K-40).

Полученное значение МДА Sr-90 за 30 мин измерения с защитной камерой составляет 1200 Бк (при наличии сопутствующих радионуклидов Cs-137 и K-40) и 1050 Бк (при наличии сопутствующего радионуклида K-40).

Измерение «фоновое» фантома головы внутри защитной камеры дает минимально детектируемую активность Sr-90 менее 500 Бк на тело. Для сравнения расчетные данные для спектрометров, действие которых основано на непосредственной регистрации тормозного рентгеновского излучения, дают результаты в 800–1100 Бк на тело человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wahl, W. et. al. Combined beta/gamma-radiation and bremsstrahlung monitor for measurement of incorporated radionuclides: The ^{90}Sr in vivo counter // Nuclear instruments and methods. A 369. – 1996. – P. 693–697.
2. Галочкина, О. М., Самсонов, В. Л., Хаджинов, Е. М., Чудаков, В. А. Сравнение различных типов детекторов для определения Am-241 с помощью алгоритма экспресс-оценки МДА: материалы 5-го междунар. симп. «Актуальные проблемы дозиметрии» 23 – 24 октября 2005 года, Минск, Республика Беларусь. – Мн.: МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – С. 298.

EXPRESS ESTIMATION OF MINIMUM DETECTING ACTIVITY OF SR-90

Zubarev V. N., Zhukovski A. I., Khadzhinov E. M., Chudakov V. A.

In this work is described the procedure called "Express estimation of minimum detecting activity of Sr-90 on Expert beta-gamma-HRS". This procedure is one of the methods for determination of MDA of Sr-90 taking into account anthropometrical description data of human's body and consideration, that this radionuclide is distributed even over the skeleton.

СОДЕРЖАНИЕ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Зубарева А. В., Кудряшов В. П.

*Институт радиобиологии НАН Беларуси,
г. Гомель, Республика Беларусь, irb@mail.gomel.by*

Проведены исследования содержания и распределения трансураниевых элементов в водоемах и водотоках Гомельской области. Существует разница в содержании долгоживущих радионуклидов в озерных и речных системах. Коэффициенты накопления в исследуемых водных объектах выше во взвешенной фракции, чем в водных растениях, следовательно, в этом компоненте водной экосистемы накопление ТУЭ происходит интенсивней. Отмечено ранее био-разнообразие в поглощении радионуклидов наземной флорой соответственно также и высшей водной растительности.

ВВЕДЕНИЕ

Среди искусственных радионуклидов в последние годы большое внимание уделяется изучению поведения трансураниевых элементов и особенно, плутония. Актуальность этого вопроса определяется экологической значимостью плутония, как элемента, обладающего высокой токсичностью, кроме того, среди изотопов плутония имеются нуклиды с весьма большим периодом полураспада, что делает плутоний одним из основных «критических» радионуклидов в биосфере. Изучению поведения плутония во внешней среде, равно, как и других ТУЭ (америций) уделяется большое внимание еще потому, что эти элементы не имеют стабильных аналогов, а их содержание в природных объектах исключительно низко, однако в последнее время намечена тенденция роста их содержания в окружающей среде. Если для таких традиционно исследуемых во внешней среде элементов как цезий и стронций, можно сделать определенные выводы об их поведении на основании изучения стабильных элементов, то для ТУЭ такая возможность исключена.

Обладая большим периодом полураспада, (период полураспада ^{239}Pu около 25 000 лет) и высокой радиотоксичностью, они включаются в круговорот веществ по трофическим цепям и в течение тысячелетий будут представлять радиологическую опасность для человека. Вода занимает большую часть земной поверхности, поэтому знание путей миграции радионуклидов и степени радиационной опасности в водных системах имеет важнейшее значение. Активность $^{239,240}\text{Pu}$, выпавшего на территории Беларуси в результате чернобыльской катастрофы, в зоне отселения составила – 10,5 ТБк, до 100 км (без зоны отселения) – 7,5 ТБк, 100–200 км – 3,5 ТБк [2].

Эта активность выше суммарной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr и на протяжении долгого времени будет возрастать, благодаря тому, что наличие в чернобыльском выбросе значительного количества ^{241}Pu приведет к образованию α -излучающего ^{241}Am , который вследствие своей более высокой мобильности в водной фракции представляет еще большую радиологическую опасность, чем ^{239}Pu . Из-за постоянного образования ^{241}Am ареал загрязнения вод α -излучающими ТУЭ будет постоянно расширяться, причем радиоактивное загрязнение территории будет сохраняться в течение миллионов лет, поскольку при α -распаде ^{241}Am образуется ^{237}Np с периодом полураспада $2,1 \cdot 10^6$ лет [1].

Авария на ЧАЭС привела к повышению содержания ТУЭ в воде в 10^3 – 10^5 раз. загрязнение водоемов происходило за счет выпадения радионуклидов с дождевыми водами, оседания пароконденсатных и аэрозольных радиоактивных частиц и их растворения, а позднее за счет площадного и речного стоков с зараженного водосбора [3].

Целью данной работы является исследование содержания и миграции ТУЭ в воде рек и озер Гомельской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Долгоживущие радионуклиды, поступая в водоемы, распределяются по компонентам водных экосистем неравномерно. Для рассмотрения были взяты такие водные объекты как озеро Персток, реки Припять и брагинка.

Отмечено, что содержание $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в водной фракции водоемов и водотоков ниже, чем во взвеси, водных макрофитах и гидробионтах (табл. 1).

Из табл.1 видно, что существуют значительные различия в накоплении радиоактивных веществ отмеченных выше систем.

В оз. Персток радиоактивность воды выше, чем в р. Брагинка по $^{239+240}\text{Pu}$ в 11,5 раз; по сравнению с р. Припять – в 5 раз. По ^{241}Am – в 1 и 2 раза соответственно.