

# МНОГОДЕТЕКТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ SR-90 ПУТЕМ ПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ КОСТЕЙ ЧЕРЕПА ЧЕЛОВЕКА

Хаджинов Е. М., Чудаков В. А., Приходько Д. А,  
Хаджинова О. М.

Кафедра ядерной и радиационной безопасности  
Учреждение образования «Международный государственный  
экологический институт имени А. Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета

**Актуальность.** Необходимость определения содержания изотопа стронция-90 в теле человека определяется несколькими причинами – значительной величиной выброса в результате аварии на ЧАЭС и тем, что стронций практически не выводится из человеческого организма, накапливаясь в костной ткани до своего распада. Существовало предположение, что стронций останется в почве в связанной форме и нам удастся избежать его перехода в растения и в пищу. Однако сравнительно недавние наблюдения за содержанием стронция в молоке показали постепенный рост активности. Это связано с тем, что Sr-90 в чернобыльских выпадениях находился в основном в составе топливных частиц, что обуславливало низкую скорость его миграции. Под влиянием природных факторов происходит деструкция топливных частиц, в результате которой стронций переходит в подвижную форму и повышается скорость его миграции по трофическим цепям. Похоже, что мы находимся в условиях, когда, как было сказано в одной из статей, «окончательным могильником стронция является человек».

Определение содержания Sr-90 в организме человека инструментальными методами требует конструирования специальных измерительных установок (СИЧ), регистрирующих выходящее из тела ионизирующее излучение. Сложность определения долгоживущего изотопа Sr-90 ( $T_{1/2}=28,8$  лет) заключается в том, что его распад, а также распад дочернего изотопа иттрия (Y-90) не сопровождается испусканием проникающего гамма-излучения.

Для их определения можно регистрировать либо тормозное излучение, возникающее при торможении электронов, либо непосредственно электроны, выходящие из тела человека. Оба подхода требуют регистрации искомого излучения низкой интенсивности в присутствии фонового излучения и излучения от сопутствующих радионуклидов, также находящихся в теле человека, в первую очередь К-40. По этой причине особое внимание следует уделять методам выделения необходимой для определения содержания Sr-90 спектрометрической информации.

Спустя десять лет после Чернобыльской аварии было предложено изготовить установку для выборочного обследования населения, чтобы установить картину распространения инкорпорированного стронция по стране у людей разных возрастных групп. Это позволило бы оценить дозовую нагрузку населения (и потенциальный ущерб) и определить необходимость принятия мер для ее снижения. Другой сценарий использования – обследование критических групп населения, таких как онкопациенты и/или их родственники для того чтобы определить возможную связь между содержанием радионуклидов в теле и возникновением онкозаболевания, в особенности у детей. К сожалению, ни один из указанных сценариев на данный момент реализовать не удалось.

**Цель** – разработать и изготовить установку для регистрации Sr-90 в теле человека *in vivo*.

**Материал и методы исследования.** Работы по изготовлению приборов для инструментального определения Sr-90 начались еще в 1991 г. – НИР «Разработка полевого экспресс-анализатора содержания радионуклидов в природных объектах», по которой был разработан прототип прибора EL-1311, поставленного на серийное производство УП «Атомтех» [3]. Основное направление использования – регистрация Sr-90 в молоке и других скоропортящихся продуктах, для которых радиохимический метод является неприменимым по той причине, что результаты анализов можно получить не ранее чем через неделю. Полученная чувствительность прибора оказалась избыточной и Атомтех перешел к выпуску более дешевого и простого EL-1315, без использования сложных и дорогих комбинированных блоков детектирования. Вместе с тем исследования по увеличению

чувствительности были продолжены, и в 1998 г. была начата серия работ по изготовлению измерительного комплекса «Экспертный бета-гамма-СИЧ».

Созданный в период с 1998 по 2005 гг. измерительный комплекс включает три взаимонезависимые части:

- 1) гамма-СИЧ в геометрии «кресло»;
- 2) сканирующий гамма-СИЧ в геометрии «стол»;
- 3) бета-гамма СИЧ в геометрии «шлем».

Установка, предназначенная для регистрации стронция по костям черепа, представляет собой низкофоновую свинцовую камеру размером  $2 \times 2 \times 2$  м с расположенными в ней четырьмя комбинированными сцинтилляционными блоками детектирования (КСБД) типа «фосвич», организованными в виде шлема для того, чтобы зарегистрировать максимальное число бета-частиц, покидающих голову человека [1]. Особенность конструкции блока детектирования заключается в использовании тонкого прессованного сцинтиллятора из смеси полистирола и паратерфенила, что позволяет регистрировать электроны при минимальном вкладе гамма-излучения. Указанное решение позволяет существенно снизить уровень фона в бета-канале, возникающего за счет частичной регистрации излучения с большой проникающей способностью [1].

Спектрометр излучений человека (СИЧ), предназначенный для определения инкорпорированного стронция, является частью измерительного комплекса «Экспертный бета-гамма-СИЧ», изготовленного в 2001-2005 гг. в рамках НИОКР «Разработать, изготовить и ввести в эксплуатацию измерительный комплекс «Экспертный бета-гамма СИЧ». Работа выполнялась организациями УП «Атомтех», ИФОХ НАН, НИИ ЯП БГУ в рамках раздела «Радиационная безопасность» Государственной программы Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС [4]. Головной организацией по проекту был Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова.

Измерения внутри защитной камеры позволяют достоверно определять наличие Sr-90 выше 770 Бк в присутствии в исследуемом фантоме 70 кБк K-40; 860 Бк – в присутствии 100 кБк Cs-137

и 3 кБк К-40; 476 Бк – в присутствии 3 кБк К-40 [4]. Указанные значения являлись в свое время (возможно, являются и сейчас) наилучшими среди аналогичных установок. К примеру, аналогичная установка на базе пропорциональных газовых счетчиков, разработанная в Германии, имеет уровень минимально детектируемой активности 750-1500 Бк на тело за 20 минут измерений [2].

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время (с 2005 г.) измерительный комплекс «Экспертный бета-гамма СИЧ» используется для учебных и исследовательских целей в МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ. Обследование студентов проводится в рамках различных учебных курсов. Одно измерение проводится в течение 30 минут. При этом студенты получают опыт проведения низкофоновых спектрометрических измерений и математической обработки реальной информации. У нас есть возможность проверить надежность и воспроизводимость измерений [5].

Основная цель проводимых измерений – информация для накопления статистических данных о содержании стронция у возрастных групп населения, родившихся в разные годы после аварии на ЧАЭС. Это позволяет нам наблюдать динамику накопления стронция по прошествии лет с момента аварии. Полученные нами результаты не позволяют отрицать накопление стронция в организме человека и требуют детального изучения его воздействия на организм и возможный вклад в заболеваемость.

**Выводы.** Созданная установка – измерительный комплекс «Экспертный бета-гамма СИЧ» – обладает способностью определять малые количества Sr-90 в организме человека. Полученные за годы наблюдений данные могут свидетельствовать о наличии Sr-90 у разных возрастных групп населения. Этот факт требует подробного изучения, поскольку стронций, депонирующийся в костной ткани, вероятно, может служить фактором, повышающим риск развития радиационно-индуцированных заболеваний.

Потенциально важным является еще одно направление, уже не эпидемиологическое, а чисто медицинское, связанное с изучением возможностей по выводу стронция из организма человека. Сегодня считается, что стронций депонируется в скелете на всю последующую жизнь, в отличие, например, от цезия, половина которого выводится из мышечной ткани за 4 месяца.

К сожалению, отсутствие соответствующей измерительной аппаратуры не позволяет проводить эксперименты, в которых можно было бы попытаться повлиять на то, как костная ткань удерживает стронций. Чувствительности существующих установок не достаточно для измерения малых активностей, на которые может измениться содержание стронция в организме. Прогресс в обнаружении механизмов вывода депонированного Sr-90 может дать альтернативное решение для проблемы перехода его в организм человека.

### Литература

1. Разработать экспертный бета-гамма СИЧ / Отчет по НИР. Рук. к. т. н. В. А. Чудаков. Номер гос. регистрации 19984044 – Минск, 2000. – 138 с.

2. Wahl W. [et al.] Combined beta/gamma-radiation and bremsstrahlung monitor for measurement of incorporated radionuclides: The <sup>90</sup>Sr in-vivo counter / Wahl W. [et al.] // Nuclear instruments and methods. A 369. – 1996. – P. 693-697.

3. Разработка полевого экспресс-анализатора содержания радионуклидов в природных объектах / Отчет по НИР. Рук. к. т. н. В.А. Чудаков. Номер гос. регистрации 01910051502. – Минск, 1992. – 150 с.

4. Аншаков, О. М. Методы анализа спектрометрической информации для определения инкорпорированного Sr-90 / О. М. Аншаков [и др.] // АНРИ. – 2006. – № 3 (46). – С. 51-59.

5. Хаджинов, Е. М. Некоторые результаты определения содержания Sr-90 у студентов МГЭУ им. А. Д. Сахарова / Е. М. Хаджинов [и др.] // Экологический вестник. – 2011. – № 3 – С. 31-35.