

основе утилизированных изделий ракетно-космической техники позволяет разрешить ряд общенациональных проблем, главными из которых являются

- конверсия утилизированной ракетно-космической техники военно-промышленного комплекса в мирные цели,
- обеспечение безопасной изоляции радиоактивных отходов чернобыльского происхождения – сокращение риска опасности для здоровья граждан и окружающей среды Украины

## **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ЭКСПЕРТНЫЙ БЕТА-ГАММА-СИЧ»**

Аншаков О М , Баковец Н.В , Жуковский А И , Хаджинов Е М , Чудаков В А

На контроль содержания инкорпорированных техногенных изотопов стронция-иттрия ( $Sr-90+Y-90$ ) и цезия  $Cs-137$  в человеческом организме приходится значительный объем радиологических исследований. На сегодняшний день актуальной остается задача методического и аппаратного обеспечения контроля в теле человека наиболее радиологически опасного «чистого бета-распадчика» - изотопа  $Sr-90$ . Для решения данной задачи в настоящее время в Республике Беларусь разрабатывается «Экспертный бета-гамма-СИЧ».

Назначение информационно-измерительного комплекса «Экспертный бета-гамма-СИЧ» состоит в измерении *in vivo* удельной активности (УА) бета- и гамма-излучающих изотопов, инкорпорированных в теле человека со средними антропометрическими показателями для мужчин, женщин и детей.

Информационно-измерительный комплекс «Экспертный бета-гамма-СИЧ» представляет собой систему двух независимых спектрометров бета-гамма-СИЧ и гамма-СИЧ. Бета-гамма-СИЧ собран на основе четырех комбинированных сцинтилляционных блоков детектирования типа «фосвич» включающих бета- и гамма- спектрометрические тракты, предназначенные для регистрации в спектрометрическом режиме смешанных бета-гамма-полей, исходящих из тела человека.

Каждый блок детектирования состоит из паратерфенила  $\varnothing 63 \times 4$  мм и неорганического сцинтиллятора  $NaI(Tl)$   $\varnothing 63 \times 40$  мм, просматриваемых одним ФЭУ и схемы разделения импульсов, основанной на различии их времен высвечивания. Измерение ионизирующего излучения базируется на одновременной регистрации бета-частиц и гамма-квантов системой позиционно-расположенных блоков детектирования с отдельными бета- и гамма-спектрометрическими выходами, подключенными через интерфейс к вычислительной части комплекса. Информационная база данных системы КСБД представляется в виде аппаратных бета- и гамма-спектров. Измерения на гамма-СИЧ проводятся в геометрии «сидя в кресле» при этом используется неорганический сцинтилляционный блок детектирования на основе  $NaI(Tl)$   $\varnothing 150 \times 100$  мм.

Оценка активности  $Sr-90$  в теле человека осуществляется в предположении их равномерного распределения по костной ткани организма.

Результаты измерения УА используются в соответствии с методикой экспресс-оценки МДА на комплексе «Экспертный бета-гамма-СИЧ» содержания нуклидов в теле человека *in vivo* с учетом антропометрических данных характеристик пациента.

Алгоритм прижизненного определения активности  $Sr-90$  в теле человека выглядит следующим образом. На этапе калибровки спектрометра определяется чувствительность прибора к отдельным изотопам. Используется моноизотопный гетерогенный фантом головы человека с заданным соотношением активностей по слоям. Гамма-излучающие ра-



дионуклиды регистрируются с большой точностью в гамма-канале спектрометра. Минимально детектируемая активность (МДА) Sr-90 определяется по суммарному бета-спектру Sr-90 + Y-90 с учетом известных активностей гамма-распадчиков. На энергетической шкале бета-спектра выделяется «окно» в диапазоне энергий от 200 кэВ до 2,3 МэВ, как для исследуемого бета-спектра, так и для функций отклика моноизотопов.

МДА исследуемого радионуклида оценивается следующим образом

$$MDA_0 = \frac{4}{T_w S_0} \sqrt{I_w + I_{bg} \left( \frac{T_w}{T_b} \right)^2 + \sum_j (I_j + I_{bg}) \left( \frac{T_w}{T_b} \right)^2 \left( \frac{A_{jw}}{A_{jb}} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $T_b$  – время набора «опорных» и фоновых спектров,

$T_w$  – время набора «рабочего» спектра,

$I_{bg}$  – количество импульсов в «окне» фоновых спектров,

$I_j$  – количество импульсов от  $j$ -го изотопа в «окне» «опорного» спектра,

$I_w$  – количество импульсов в «окне» «рабочего» спектра,

$A_{jw}$  – активность  $j$ -го изотопа в «окне» «рабочего» спектра,

$A_{jb}$  – активность  $j$ -го изотопа в «окне» «фоновых» спектров,

$S_0 = \frac{I_j'}{A \cdot T}$  – величина чувствительности детектора к данному изотопу в исследуемом энергетическом окне,

$A$  – активность радионуклида,

$T$  – время измерения,

$I_j'$  – величина  $I_j$  за вычетом вклада фона

Измерения проводились с использованием объемных радионуклидных источников специального назначения типа ОМАСН-Ч1 (фантом головы человека) массой 570 г с изотопами Cs-137, K-40, Sr-90 + Y-90.

Значения МДА с использованием свинцовой защиты толщиной 5 см

Активность сопутствующих изотопов в пробе, Бк		Время, с	МДА на пробу, Бк				МДА на тело взрослого человека для бета-гамма-СИЧ, Бк
Cs-137	K-40		Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	
850	24	3600	159	104	97	133	565
		1800	220	147	134	185	785
		900	307	203	181	257	1085
	548	3600	139	91	84	118	500
		1800	193	125	114	163	685
		900	271	171	168	226	965

Предварительные результаты оценки минимально детектируемой активности Sr-90 на четырехдетекторном измерительном комплексе позволяют сказать, что чувствительность разработанной установки 2-5 раз превосходит существующие аналоги.