

УДК 502.55:621.039.7

И.Ю. Чернявский, О.Ю. Чернявский, С.А. Писарев, А.В. Галак

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

УЧЁТ СМЕШАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАРАЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДМЕТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проведено исследование необходимости и возможности измерения мощности дозы смешанного гамма и бета излучения при ведении радиационной разведки и контроля существующими приборами, отградуированными в лабораторных условиях по гамма-излучению.

Ключевые слова: эффективная радиационная толщина детектора, смешанное излучение.

Введение

Постановка проблемы. Основным требованием к полевым методам определения зараженности является обеспечение возможно большей объективности при оценки опасности заражения радиоактивными продуктами местности, личного состава, поверхностей различных объектов, воды и продовольствия.

При этом вполне естественно стремление измерять зараженность по тому виду излучения, которое является поражающим.

Известно, что все разрушения в организме вызываются лишь быстрыми электронами (δ -электронами), которые рождаются в клетках организма, или гамма-квантами, или бета-частицами.

Эффекты облучения 134 ликвидаторов ЧАЭС получившие острую лучевую болезнь, осложнились именно обширными лучевыми ожогами кожи, вызванными β -излучением.

Поражения кожи, охватывавшие значительную часть поверхности тела, входили в качестве одной из ведущих причин смерти (28 человек) во все сроки после облучения [8]. Исследования изотопного состава радиоактивного заражения местности (РЗМ) как при ядерных взрывах, так при катастрофах на ядерных объектах, объективно показывает, что причиной смешанного ионизирующего излучения в 90% случаев являются именно бета-распады, при котором фотонное является сопровождающим излучением.

Однако, изготавливать приборы с детектором, который бы удобен для полевых измерений с одинаковой эффективностью регистрировал бета-излучение любых энергий, технически сложно. Ошибки возрастают, если измерять радиоактивное заражение по бета-излучению при повышенном гамма-фоне, т.е. на зараженной местности.

Начиная с 1964 года степень заражения определяется по гамма-излучению относительным методом измеряя мощность экспозиционной дозы гамма-излучения.

В связи с тем, что при таком измерении в какой то мере автоматически учитывается изотопный состав продуктов ЯВ (т.е. возраст до 30 суток и содержание в них актинидов), то было принято считать [1] что гамма-излучение более объективно, чем плотность потока бета-излучения (поверхностная активность в частиц/см²·мин), характеризует опасность радиоактивного заражения, что на наш взгляд ошибочно.

В ряде случаев бета-излучение в большей степени, чем гамма-излучение воздействует на человека, особенно на кожу открытых участков, глаза и околоповерхностные ткани. При одинаковом коэффициенте качества бета и гамма-излучения, максимальном пробеге в воздухе бета-частиц до 10-13 м, радиационная разведка по прежнему проводится только по гамма-излучению и редко учитывает воздействие наружного бета-излучения, полагаясь на концепцию значительного ослабления его бортовыми и индивидуальными средствами защиты.

Цель работы. Данная работа посвящена исследованию необходимости и возможности измерения мощности дозы смешанного гамма и бета излучения при ведении радиационной разведки и контроля существующими приборами, отградуированными в лабораторных условиях по гамма-излучению.

Основной раздел

1. Оценка соотношений между бета и гамма излучениями

Общепринято [1 – 4], что для атомного заряда средняя энергия гамма-квантов и бета-частиц $E_{\gamma}(E_{\beta})$ продуктов взрыва изменялись от 1,7(0,6) до 0,51(0,32) и от 0,51(0,32) до 0,66(0,4) МэВ во времени от 1 ч до 5 суток и от 5 до 100 суток, соответственно. Для термоядерного заряда $E_{\gamma}(E_{\beta})$ изменяется от 1,7(0,5) до 0,3(0,21) и от 0,3 (0,21) до 0,65 (0,4) МэВ во времени от 1 ч до 5 суток и от 5 до 100 суток, соответственно.

Так в работе [1] показано, что в смеси радиоактивных изотопов, какой является осколки деления

ЯВ, источники бета-излучений имеют широкий интервал энергий:

рутений-106 имеет $E_{\beta_{\max}}=0,039$ МэВ,
рубидий-88 – $E_{\beta_{\max}}=5,2$ МэВ).

Большая часть изотопов, входящих в состав осколков деления, претерпевает распад с испусканием бета-частиц, часто сопровождающийся гамма-излучением (рис. 1).

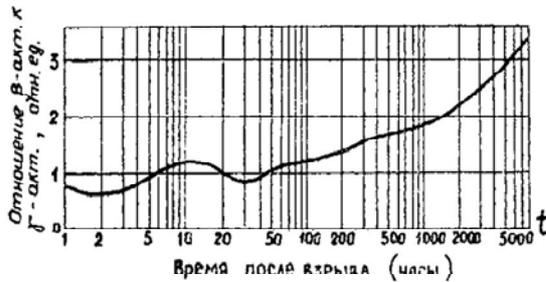


Рис. 1. Отношение бета-активности к гамма-активности осколочных изотопов в зависимости от времени, прошедшего после деления урана-235 на тепловых нейтронах

Из рис. 1 видно, что до 5 дней (что соответствует оптимальному времени ведению радиационной разведки местности) это отношение равно примерно 1, к сотому дню оно возрастает до 2; далее, к третьему году- достигает наибольшего значения, равного 3.

Указанные в работе [9, 10] изотопы 27 элементов (с периодом полураспада больше 1,35 суток) составлявших активность насыщения в активной зоне реактора четвертого блока (ЧАЭС) на момент аварии, испускали бета-частицы, но лишь половина

из них дополнительно излучала и гамма-кванты. У таких изотопов как йод-132, лантан-140, празеодим-144, рутений-106, иттрий-90 максимальная энергия бета-частиц превышает 2 МэВ, что позволяет им пролетать в воздухе более 10 метров, а в биологической ткани до 1,5 см. При этом величина средней энергии бета-частиц достаточна для преодоления слоя биоткани толщиной 0,5 см, что в тысячи раз превышает толщину базального слоя, равную всего 70 мкм. Средняя энергия бета-частиц в 1988 году равнялась 0,518 МэВ. Поглощение двухсот частиц с поверхности 1 см² создает мощность дозы в рассматриваемом слое биоткани 2 мкЗв/час, что, как видно из рис.2, в два раза превышает мощность дозы от внешнего гамма-излучения в том же слое.

Радиоактивность крови в 1986 году у ликвидаторов, усредненная по результатам анализов 242 человек, составляла $6,24 \cdot 10^{-7}$ Ки/л. Из-за того, что гамма-излучатели тоже испускают бета-частицы, энергия которых, усредненная по всем бета-спектрам и по всем изотопам, составляла 0,172 МэВ, гамма-спектрометр фиксировал лишь половину изотопов в крови из 27 – все чистые бета-излучатели отсутствовали. Средняя энергия бета-частиц отсутствующих в измерениях изотопов составляла 0,537 МэВ.

Мощность дозы, обусловленная гамма-излучением идентифицированных изотопов, вычисленная через керма-постоянные, составляла 10,36 мкЗв/час; от бета-излучения этих же изотопов – 2,28 мкЗв/час; от бета-излучения неучтенных изотопов – 7,12 мкЗв/час.

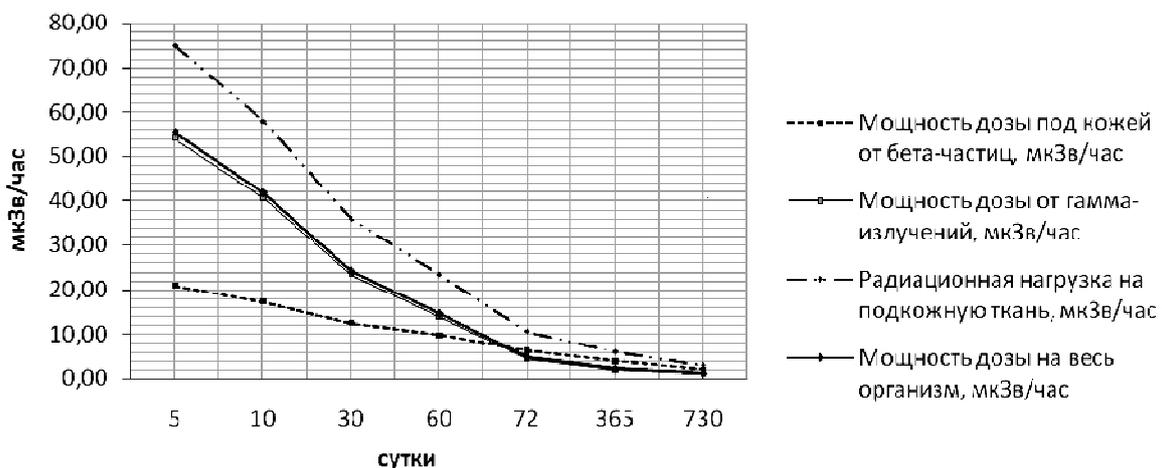


Рис. 2. Изменение радиационная обстановка на загрязненной территории с уровнем 10 Ки/км²

Таким образом, суммарная мощность дозы только за счет изотопов, захваченных кровью, составляла почти 20 мкЗв/час. Облучения бета-частицами тела человека вносит значительную поправку в величину, определяющуюся на основе классических расчетов (фактические дозы отличаются в сторону увеличения от расчетных, получен-

ных по стандартным методикам, не менее, чем в два раза).

Для подтверждения данных выводов сравним число β -частиц и γ -квантов с одинаковой энергией ($E_{\beta}=E_{\gamma}=1$ МэВ), необходимых для создания мощности дозы в 1 рад за 1 сек. Для мягкой биологической ткани $\mu=0,003$ см²/г, $R_{\beta}=0,48$ г/см². Тогда

$$\Phi_{\gamma} = 6,25 \cdot 10^7 \frac{1}{1,0 \cdot 0,03 \cdot 1,0} = 2,0 \cdot 10^9 \left[\frac{\gamma\text{-квантов}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}} \right]; \quad (1)$$

$$\Phi_{\beta} = 6,25 \cdot 10^7 \frac{0,48}{0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0} = 7,5 \cdot 10^7 \left[\frac{\beta\text{-квантов}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}} \right]. \quad (2)$$

Таким образом, на расстоянии, существенно меньшем полного пробега β -частиц в воздухе, доза от источника β -излучения в десятки раз больше, чем от источника γ -излучения одинаковой энергии и активности.

2. Оценка защитных свойств материалов от бета-излучения

Важнейшим фактором кожного поражения в 1986 году считалась аппликация радиоактивных осадков на открытые поверхности тела. Считалось, что один слой хлопчатобумажной ткани (порядка 50 мг/см²) почти полностью защищал от бета-излучения, так как поражения обнаруживались только на совершенно открытых частях тела, а более длительное время они оставались в области кожных складок. Воздействие гамма-излучения на кожу было относительно небольшим. В [11] установлено, что обмундирование не в полной мере обеспечивает защиту кожных покровов от загрязнения радиоактивной пылью и на кожу может попасть от 3% до 8% активности от плотности радиоактивного загрязнения самого обмундирования.

Также принято считать, что поглощение энергии бета-частиц при прохождении через вещество состав-

ляет порядка 2 МэВ на 1 г/см², и защита от излучения радиоактивных источников не представляет проблем. Одежда и кожный покров тела поглощает до 75% бета частиц и только 20 – 25% проникает внутрь человеческого тела на глубину 20 мм.

В этой связи заслуживает внимания исследования Пшеничникова Б.В. [9, 10] по оценки воздействия бета-излучения на систему микроциркуляции, включающей в себя сеть кровеносных и лимфатических капилляров. Глубина расположения этой системы в среднем составляет всего 2 мм, т.е. она полностью доступна электронам с энергией уже 0,5 МэВ.

Для оценки проникающей способности бета-излучения через индивидуальные средства защиты нами были выбраны Sr⁹⁰-Y⁹⁰ источник типа I-CO-325 с активностью 1,095428·10⁵ Бк и максимальной энергией 2,28 МэВ (максимальная энергия Sr⁹⁰–546 кэВ и Y⁹⁰– 2284 кэВ) и Cs¹³⁷ источник типа КИТ-1 с активностью 1 кБк, с энергиями 0,518 и 1,18 МэВ. Регистрация бета-излучения сопутствующего гамма-излучения от Cs¹³⁷ проводилось на пересчётной установке ДП-100 торцевым газоразрядным счётчиком МСТ-17 (толщина фольги 4,3 мг/см²), прибором ИМД-12-4 с пластмассовым сцинтиллятором (полистирольная плёнка толщиной 25 мкм, энергия от 0,16 до 2,5 МэВ) и прибором МКС-Ус кремниевым детектором (энергия от 0,3 до 3 МэВ).

Разница в показаниях (рис. 3) объясняется не только чувствительностью детекторов, но и уровнем дискриминации счётных устройств.

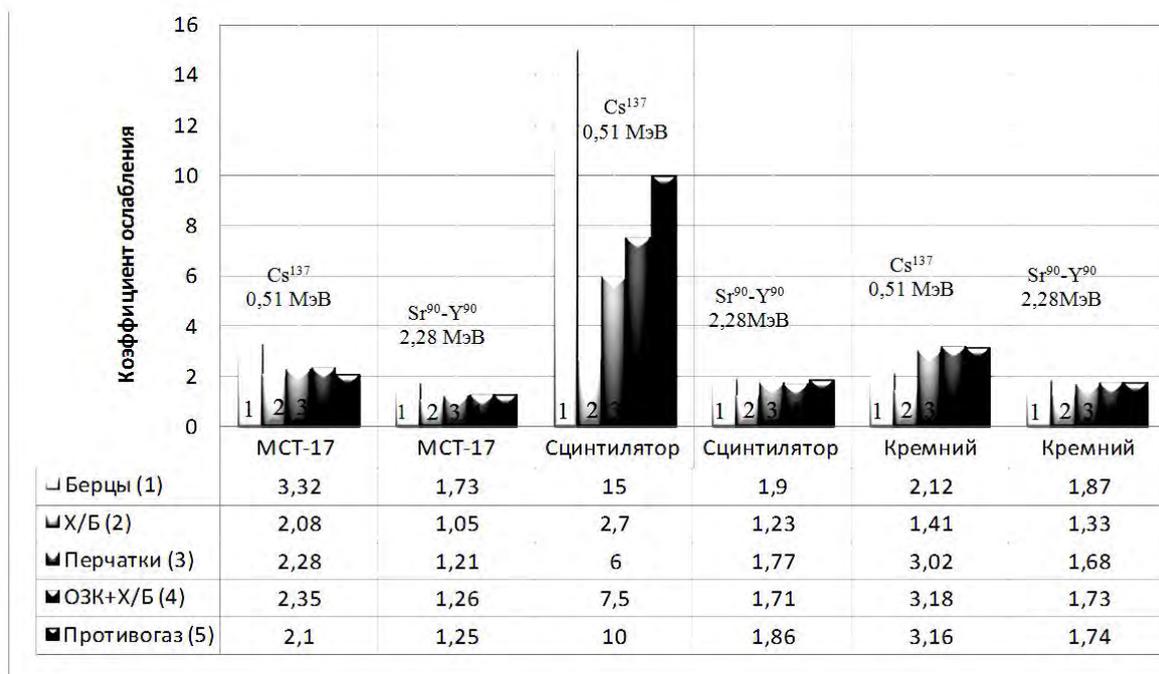


Рис. 3. Экспериментальная зависимость коэффициента ослабления индивидуальными средствами защиты кожи бета-излучения

Анализ показывает, что на незначительных расстояниях (до 3 см) коэффициент ослабления для

бета-излучений с энергией до 2,28 МэВ для всех детекторов не превышает 1,9. Для энергий порядка

0,51 МэВ коэффициент может достигать 10-15. Минимальный коэффициент ослабления у хлопчатобумажной ткани, максимальный у берца.

Таким образом, говорить о 75 % ослаблении бета излучения, корректно лишь при указании энергий излучения.

3. Контроль радиоактивного заражения

Использование гамма-метода позволило перейти к измерению зараженности в мР/ч, которое в практике полевых измерений широко используется для оценки уровней радиации на местности. Общие единицы измерения, одинаковые способы градуировки, упростило объединение этих приборов в один широкодиапазонный измеритель мощности дозы ДП-5В, позволяющий с помощью пово-

ротного стального экрана производить обнаружение бета- излучение. При этом, как показывают исследования (рис.4) способности регистрации смешанного (гамма и бета) излучения при разных положениях поворотного экрана блока детектирования, начиная с 20 см для цезия-137 и с 10 см – для америция-241 проявляется значительный вклад в измеряемую мощность дозы– бета составляющей распада изотопов.

Основной причиной обнаружения бета излучения на значительно ближних расстояниях чем максимальный пробег в воздухе (по цезию-137 это в 92% случаев $R_{\max}=1,6$ м для $E_{\beta}=0,518$ МэВ и в 8% случаев $R_{\max}=4$ м для $E_{\beta}=1,18$ МэВ), целесообразно считать эффективную радиационную толщину детектора (толщина стального экрана) и способность детектора обнаруживать смешанное излучения (рис. 4).

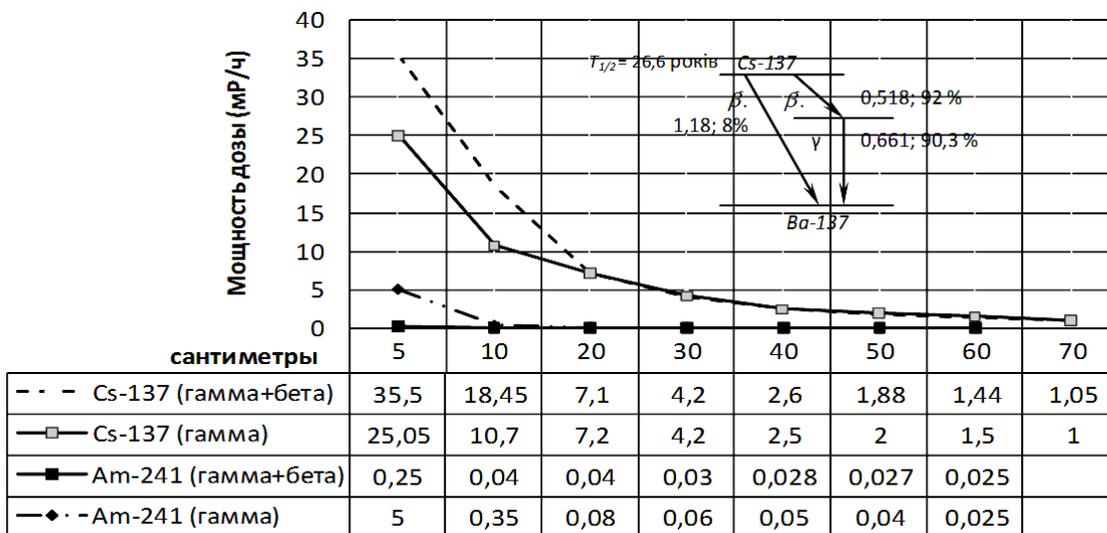


Рис. 4. Зависимость мощности дозы смешанного излучения от расстояния до источника

Незначительная чувствительность ДП-5В к америцию-241 (с $E_{\beta}=0,059$ МэВ) объясняется ограниченным энергетическим диапазоном прибора (0,08-1,25 МэВ). На расстояниях до 10 см, характерных при работе личного состава на технике (контроль радиоактивного заражения, дезактивация ВВТ), прирост мощности дозы может составить порядка 42% (7 мР/ч), что при допустимой зараженности личного состава от 20 до 50 мР/ч, может стать критическим.

В условиях воздействия смешанного радиоактивного излучения, когда одновременно действуют не только гамма-излучения широкого спектра, но и излучения бета-частиц, до сих пор, невозможно обеспечить одинаковые показания в одной точке от приборов различных типов и конструктивного исполнения стоящих на вооружении войск РХБ защиты, а значит, нельзя говорить о «единстве измерений для средств измерений экспозиционной дозы и ее мощности».

Это было подтверждено результатами сличений в зоне ЧАЭС и в 30-км зоне в июле-августе 1986 г. Чувствительность к бета-излучению (источник БИС-50) дозиметров (ИД-02, ИД-1, ИД-11, Д-2, ДКП-50А) определялась в работе [2 – 4] и составляла в пределах 0,01-50%. Автор доказывает, что вклад бета-излучения в показания дозиметров с радиационной толщиной 0,3 – 0,625 г/см² может быть существенным, и в зависимости от времени после взрыва от 1 часа до 1 года будет изменяться от 3,8 до 213 раз, а после аварии реактора типа РБМК-1000 в 20 – 56 раз.

Исследования существующего парка войсковой дозиметрической аппаратуры (ВДА) на предмет чувствительности к смешанному излучению, остаётся актуальным и в настоящее время.

В табл. 1 представлены результаты исследований чувствительности ВДА к бета-излучению источников Б-8, РГИС (БИС-МНА) и 1-СО-325 с максимальной энергией 2,28 МэВ.

Таблиця 1

Результаты исследований чувствительности ВДА
к бета-излучению источника Б-8, РГИС и 1-СО

Тип прибора	Эталонные мощности дозы от Sr^{90} - Y^{90} источников на расстоянии 10 см		Показания приборов			η , %	Детектор
			положение «Г»	положение «Б»	без экрана		
ДП-5В № ГБ6212579	Б-8	7 мР/ч	0,04 мР/ч	0,5 мР/ч	3,5 мР/ч	0,57	СБМ-20 регистрация жесткого бета и гамма-излучения
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	0,5 мР/ч	1 мР/ч	1,7 мР/ч	0,33	
	1-СО	20 мР/ч	0,04 мР/ч	2 мР/ч	16 мР/ч	0,2	
ИМД-5 № Н16006328	Б-8	7 мР/ч	0,025 мрад/ч	2 мрад/ч	3 мрад/ч	0,35	СТС-5 бета-излучения от 0,5 МэВ
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	0,5 мрад/ч	1,4 мрад/ч	1,6 мрад/ч	0,33	
	1-СО	20 мР/ч	0,025 мрад/ч	7,5 мрад/ч	11 мрад/ч	0,2	
ИМД-1Р № М160757	Б-8	7 мР/ч	0,04 мР/ч	1,25 мР/ч	3,14 мР/ч	0,57	СБМ-21 свинцованная проволока
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	2,85 мР/ч	3,17 мР/ч	4,76 мР/ч	1,9	
	1-СО	20 мР/ч	0,21 мР/ч	5,2 мР/ч	17,01	1,05	
ИМД-12 № Л160235	Б-8	7 мР/ч	0,05 мР/ч	–	1,55 мР/ч	0,71	СБМ-20 свинцованная проволока
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	0,50 мР/ч	–	1,74 мР/ч	33	
	1-СО	20 мР/ч	0,05 мР/ч	–	6,15 мР/ч	0,25	
МКС-05 «Терра» № 0404546	Б-8	7 мР/ч	0,035 мР/ч	2,05 мР/ч	–	0,5	СБМ-20-1
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	0,531 мР/ч	0,92 мР/ч	–	37	
	1-СО	20 мР/ч	0,170 мР/ч	8,09 мР/ч	–	0,85	
МКС-У № 0808014	Б-8	7 мР/ч	0,029 мР/ч	–	0,23 мР/ч	0,41	СБМ-20-1
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	0,61 мР/ч	–	0,81 мР/ч	40	
	1-СО	20 мР/ч	0,032 мР/ч	–	0,73 мР/ч	0,16	
ДКС-01 «Селвис» № 0598631	Б-8	7 мР/ч	6,08 мР/ч	–	–	86,8	CdTe (размером 4x4x2 мм)
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	1,14 мР/ч	–	–	76,1	
	1-СО	20 мР/ч	17 мР/ч	–	–	85	
ДБГ-06Т № 1237	Б-8	7 мР/ч	0,031 мР/ч	–	0,227 мР/ч	0,4	СБМ-20 свинцовая фольга, планируемая оловом (3 слоя толщиной 0,09 мм)
	РГИС (БИС)	1,5 мР/ч	0,726 мР/ч	–	0,829 мР/ч	48	
	1-СО	20 мР/ч	0,042 мР/ч	–	0,808 мР/ч	0,21	

Чувствительность измерителей мощности дозы к бета-излучению меняется в пределах от 0,16 до 86,8 % и существенно зависит: от толщины стенок блока детектирования и наличие поворотных экра-

нов «Б», от наличия фильтров корректирующих энергетическую чувствительность детектора к гамма-излучению, а также от чувствительности самого детектора к бета-излучению данного спектра.

Необходимо отметить, что как таковой параметр толщина стенок блоков детектирования (эффективная радиационная толщина), как правило, отсутствуют в техническом описании и инструкции по эксплуатации на прибор [5 – 7]. Кроме того, наличие свинцовых фильтров при потери на них кинетической энергии высокоэнергетического бета-излучения, порождают тормозное излучение (до 10 – 15%), что также может фиксировать детектор.

Наибольшей чувствительностью обладает прибор ДКС-01 «Селвис» с полупроводниковым детектором CdTe (86,5%), обладающий способностью измерять и гамма и бета составляющие.

Наименьшей чувствительностью обладает комбинированный блок детектирования прибора МКС-У с газоразрядным счётчиком СБМ 20-1.

Очевидно, что в смешанных полях фотонного и бета-излучений это должно приводить к существенным различиям в показаниях приборов радиационной разведки и контроля.

Зарубежные переносные измерители мощности поглощённой дозы бета-излучений использовались при экспертной оценки в Чернобыле. Так, панорамный измеритель мощности дозы альфа-, бета- и

гамма-излучения Victoreen-470A имел две радиационные толщины стенки 17 ($E_{\text{max}} \geq 0,10$ МэВ) и 500 мг/см² ($E_{\text{max}} \geq 1,0$ МэВ), без колпака и с колпаком.

Проводя измерения с приборами, которые имеют толщину стенок равными: 7 мг/см² (чувствительный слой кожи), 300 мг/см² (хрусталик глаз), 500 мг/см² (мужские гонады), 5 г/см² (красный костный мозг), мы можем по их показаниям непосредственно оценить дозовые нагрузки на критические органы. На рис.5 представлены результаты исследования чувствительности детектора CdTe ($U_{\text{пит}}=38$ В) к смешанному излучению (Cs^{137} - Sr^{90} источник общей активностью в $1,095 \cdot 10^6$ Бк на расстоянии 4 см) от эффективной радиационной толщины алюминиевого фильтра.

Анализ показал, что при заданном напряжении питания и уровне дискриминации счётного устройства, в данном детекторе прослеживается линейная способность к измерению двух составляющих смешанного излучения.

Эффективность регистрации бета-излучения меняется от толщины алюминиевого фильтра. Детектор с эффективной радиационной толщиной стенок блока детектирования более 0,5 г/см² практически не чувствителен к бета-излучению.

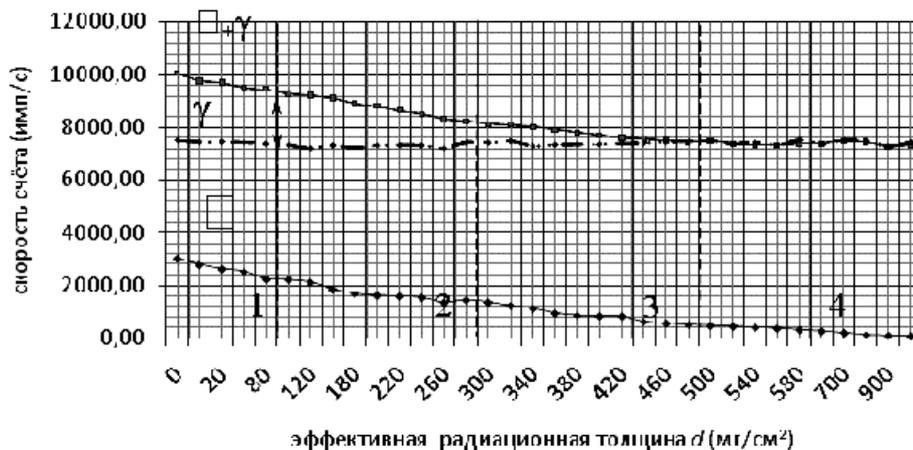


Рис. 5. Зависимость скорости счёта детектора от эффективной радиационной толщины алюминиевого фильтра (границы нагрузок: 1 – на кожу; 2 – на глаза; 3 – на гонады; 4 – на весь организм)

Планируется в дальнейшем увеличить данную чувствительность детектора CdTe за счёт оптимального подбора напряжения питания и порога дискриминации счётного устройства.

При выборе метролого-технических характеристик разрабатываемых для армии приборов радиационной разведки и контроля, целесообразно руководствоваться рекомендациями национальных и международных контролирующих организаций НКРЗ, МКРЗ, МКРЕ и МАГАТЕ о запрете использования экспозиционной дозы и её мощности, а также амбиентной эквивалентной дозы и её мощности со значениями эквивалентной радиационной

толщины стенок детектора, отличающимися от величины 1000 мг/см², для оценки радиационных нагрузок в условиях смешанного внешнего ионизирующего излучения.

Выводы

1. Анализ открытых радионуклидов на зараженной местности при аварии реактора типа РБМК (ЧАЭС), ядерного и термоядерного взрыва по их интегральным радиационным характеристикам показывает, что радиационные характеристики определяющие соотношения мощности доз бета и гамма-излучения, подобны для продуктов деления реакто-

ров РБМК-1000, ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, ядерных и термоядерных взрывов. Зараженная местность в основном характеризуется наличием фотонного излучения с энергией фотонов от нескольких кэВ до нескольких МэВ со средней энергией 0,72 МэВ и бета-излучения с максимальной энергией от 1,45 до 3,5 МэВ. В этих условиях радиационные нагрузки, создаваемые бета-излучениями на высоте 1 метра выше (в 5-20 раз) радиационных нагрузок, создаваемых гамма-излучением при нахождении личного состава (ликвидаторов) на открытой местности.

2. Наличие существенных доз бета-излучения, как при ЯВ, так и после аварии на АЭС приводит к необходимости рассмотрения вопроса о создании и принятия на снабжение войск и подразделений РХБ защиты бета дозиметров.

3. Результаты приведённых выше исследований показывают, что в условиях смешанного ионизирующего излучения невозможно ожидать единства измерений для приборов использующие в качестве единицы измерений экспозиционной дозы и её мощности. Указанное расхождение связано с такой, ненормируемой до сих пор характеристикой приборов, как эквивалентная радиационная толщина «стенки детектора», которая различается для приборов разного типа и конструктивного исполнения, а также зависит от спектральных энергетических характеристик ионизирующего излучения.

4. Для корректной оценки радиационных нагрузок в смешанных полях фотонного и бета излучения, путём измерения мощности полевой дозы, целесообразно использовать в качестве детектора CdTe с радиационной толщиной в 1000 мг/см².

Список литературы

1. Дозиметрия ионизирующих излучений ядерного взрыва: учебн. / под ред. Шестерякова. – М.: ВАХЗ, 1976. – 570 с.
2. Тарасенко Ю.Н. Дозиметрия смешанного внешнего ионизирующего излучения при ядерных катастрофах на ядерных объектах до, в первые месяцы и 20 лет спустя

после ядерного взрыва 4-го блока Чернобыльской АЭС и ее метрологическое обеспечение / Ю.Н. Тарасенко // Вестник метролога. Мытищи, Межрегиональная общественная организация "Союз метрологов и приборостроителей сферы обороны и безопасности и оборонно-промышленного комплекса". – 2006. – № 1. – С. 27-29.

3. Тарасенко Ю.Н. Дозиметрия внешнего смешанного ионизирующего излучения при ядерных катастрофах на ядерных объектах и ее метрологическое обеспечение», журнал «АНРИ» / Ю.Н. Тарасенко. – М.: НПП «Доза», ISSN 2075-1338. – 2006. – № 2(45). – С. 2-10.

4. Тарасенко Ю.Н. Пепел Чернобыля. Сличения средств измерений ионизирующих излучений в зонах радиоактивного излучения после взрыва 4-го блока ЧАЭС / Ю.Н. Тарасенко. – М.: «Техносфера», 2011. – 232 с.

5. Нурлыбаев К. Государственный реестр средств измерений РФ: приборы радиационного контроля. Ч. 1 / К. Нурлыбаев // АНРИ. – 2007. – № 3. – С. 26.

6. Нурлыбаев К. Государственный реестр средств измерений РФ: приборы радиационного контроля. Ч. 2 / К. Нурлыбаев // АНРИ. – 2007. – № 4. – С. 26.

7. Масляев П.Ф. Определение «эффективной радиационной толщины» дозиметров фотонного ионизирующего излучения / П.Ф. Масляев, К. Нурлыбаев // Атомная энергия. – 1990. – Т. 68, вып. 5. – С. 24-27.

8. Барабанов А.В. Зависимость тяжести лучевых поражений кожи от глубинного распределения дозы бета-излучения у пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Барабанов, Д.П. Осанов // Медицинская радиология. – 1993. – Т. 38, № 2. – С. 28-29.

9. Пшеничников Б.В. Теория поражения организма радиоактивным излучением / Б.В. Пшеничников // Сборник докладов по лучевому склерозу. – К.: Изд. ЧП "Кантри Лайф", 2005. – 136 с.

10. Пшеничников Б.В. Поражение организма радиоактивным излучением (доклад Москва) / Б.В. Пшеничников // V съезд по радиационным исследованиям. – М., 10 – 14 апреля 2006 года.

11. Мешков Н.А. Величина и структура доз облучения ликвидаторов в зависимости от этапов ликвидации последствий радиационной аварии и вида работ / Н.А. Мешков // Радиация и риск. – 2009. – Т. 18, № 1. – С. 77-87.

Поступила в редколлегию 11.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Стаховский, Факультет военной подготовки НТУ «ХПИ», Харьков.

ВРАХУВАННЯ ЗМІШАНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПІД ЧАС ВИМІРЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАРАЖЕННЯ РІЗНИХ ПРЕДМЕТІВ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

І.Ю. Чернявський, О.Ю. Чернявський, С.А. Писарев, О.В. Галак

У статті проведено дослідження необхідності та можливості вимірювання потужності дози змішаного гамма та бета випромінювання під час ведення радіаційної розвідки та контролю існуючими приладами, які відградуєвані у лабораторних умовах по гамма-випромінюванню.

Ключові слова: ефективна радіаційна товщина детектора, змішане випромінювання.

ACCOUNTING OF MIXED RADIATION DURING THE MEASUREMENT RADIOACTIVE CONTAMINATION OF DIFFERENT SUBJECTS IN FIELD CONDITIONS

I.Y. Cherniavskiy, O.Y. Cherniavskiy, S.A. Pysarev, A.V. Galak

This article is based on research of necessity and possibility of dose rate measurement of mixed gamma and beta radiation during the radiation reconnaissance and control by existing devices, which are graded in laboratory conditions for gamma-radiation.

Keywords: effective radiation detector thickness, mixed radiation.