

УВЕЛИЧЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПЛОЩАДИ ПРИ ВЕДЕНИИ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТНОСТИ

Введение. Приборы радиационной разведки (РР) являются основным средством обнаружения радиоактивного заражения местности при всех существующих современных угрозах радиоактивного облучения личного состава. Основным направлением дальнейшего развития приборов данного класса является:

1. Увеличение информативности разведывательной информации:

– за счёт улучшения метролого-технических характеристик (снижения погрешности измерения, расширения диапазона измерения мощности дозы, так и энергетического диапазона измеряемой величины);

– за счёт анализа энергетических характеристик измеряемых величин с целью идентификации радиоизотопного состава зараженной местности.

2. Увеличение контролируемой площади мощности дозы гамма-излучения.

Анализ литературных источников. В работе [1,2] вводится показатель полноты ведения разведки, характеризующий качество ведения РР бортовыми приборами при очаговом заражении местности радиоактивными веществами в виде «пятен». Если необходимость снижения измеряемого уровня мощности дозы до природного фона и спектрометрического анализа зараженной местности, не вызывает дискуссий в литературе, то такая характеристика, как радиус контролируемой площади участка местности в точке стояния машины разведки (для российского прибора ИМД-23 он составляет 150-200 м), требует некоторых пояснений и уточнений.

Математическая модель. Следует отметить, что тактически представляет интерес именно вертикальная составляющая (R_v) данного радиуса (рис.1), так как при ведении РР местности горизонтальная составляющая отрабатывается движением машины разведки по маршруту следования.

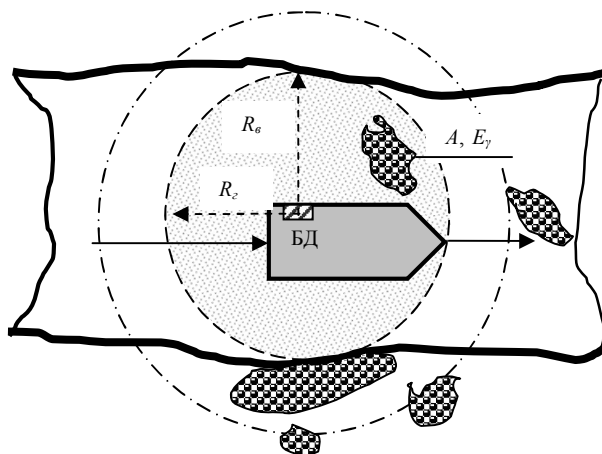


Рис. 1. Схема радиусов контролируемой площади участка местности в точке стояния машины разведки.

Увеличение радиуса вертикальной составляющей (по отношению к БД) и предполагает расширение обнаруживаемой способности прибора.

Полигонные и лабораторные эксперименты на кафедре со стоящим на вооружении войск РХБз бортовым прибором ИМД-21Б и источником Cs-137 (с энергией гамма - квантов 662 кэВ), убедительно показывают, что радиус контролируемой площади при ведении РР не превышает 5 метров. Расчеты величины минимальной мощности дозы (\dot{X}_{\min}) гамма-излучения, которую может измерять ионизационная камера (с воздухоэквивалентными стенками) работающая в режиме «заряд-разряд» блока детектирования БДМГ-36 прибора ИМД-21Б показывают, что при объёме детектора в 200 см^3 и пороге чувствительности лампового электрометра равным 10^{-13} А минимальная измеряемая мощность дозы должна составлять:

$$\dot{X} = \frac{I_{\text{ук}}}{V \cdot 0,924 \cdot 10^{-13}} = \frac{1 \cdot 10^{-13}}{200 \cdot 0,924 \cdot 10^{-13}} = 0,0054 \text{ Р/ч или } 5,4 \text{ мР/ч.}$$

При энергетическом диапазоне 0,08-2,6 МэВ, в действительности прибор начинает измерения с 1 Р/ч, что не позволяет оперативно обнаруживать при РР переднюю зону заражения, согласно нормативным требованиям (0,5 Р/ч для ЯВ и 5 мР/ч для АЭС).

Кроме того, необходимо отметить, что блок детектирования прибора ИМД-21Б размещён не снаружи машины разведки, а внутри корпуса, что вызывает необходимость автоматического учёта коэффициента ослабления корпусом машины разведки путём увеличения времени измерения (рис.2).

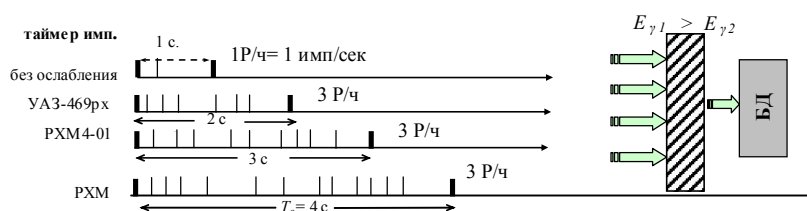


Рис. 2. Учёт кратности ослабления гамма-излучения конструкцией машины разведки.

В связи с тем, что излучение гамма-квантов, а также процесс его детектирования носят вероятностный характер, на наш взгляд, не корректно говорить о полной компенсации утраченной информации о мощности дозы гамма излучения путём увеличения времени счёта импульсов с блока детектирования (время измерения).

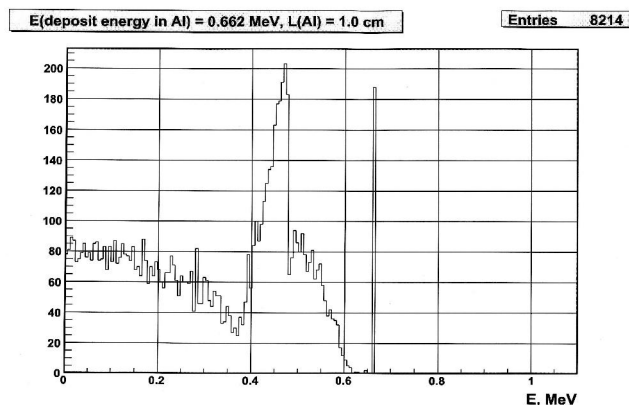


Рис 3. Спектр гамма-квантов от источника Cs¹³⁷ с энергией 662 кэВ при прохождении слоя из алюминия толщиной 1 см.

Безусловно, корпус машины разведки необходимо рассматривать как определённый фильтр для гамма-квантов разной энергии. Методом Монте-Карло (рис. 3) были проведены расчёты уменьшения энергии гамма-квантов с начальной энергией 662 кэВ, которые прошли сквозь алюминиевый корпус толщиной 1 см. Как видно из полученного спектра, значительна часть гамма-квантов утратила высокоэнергетическую составляющую, а значит, данное спектральное ограничение безусловно будет влиять на радиус контролируемой площади при ведении РР.

В войсковой дозиметрии общепринято, что бортовой прибор РР измеряет мощность дозы гамма-излучения (уровень радиации) в той точке пространства, где размещён блок детектирования на высоте 1 м от поверхности земли. Если рассматривать результирующее поле гамма-излучения в точке размещения БД, как суперпозицию гамма-квантов от множества точечных радиоактивных источников на местности, что освещено в работе [3], то оценку так называемого в литературе «радиуса контролируемой площади» участка местности можно провести путём анализа:

- характеристик зараженной местности (Γ, A);
- характеристик чувствительности детектора $\left(\frac{N_c}{\dot{X}}\right)$ блока детектирования;
- параметров счётной характеристики, алгоритма обработки сигнала с детектора (T_C).

Используя известные зависимости измеряемой мощности дозы гамма-излучения от параметров БД и счётной схемы прибора, а также формируемой мощности дозы гамма-излучения с участка местности [4], проведем анализ контролируемого радиуса по выражению:

$$R = \sqrt{\frac{\Gamma \cdot A \cdot T_C \cdot \varepsilon \cdot S}{E_\gamma \cdot \mu_{nмв} \cdot N_C}} \quad (1)$$

где $\Gamma = \sum_i \Gamma_i p_i$, - гамма постоянная (постоянная мощности экспозиционной дозы)

сложной смеси радиоактивных изотопов, какой являются как продукты ЯВ, так и продукты аварии на АЭС (Γ_i - постоянная изотопа, процентный вклад которого по активности равен p_i). Гамма постоянная зависит и от вида взрыва, поскольку для различных видов взрыва, как равно и для различных типов ядерных реакторов характерен свой изотопный состав.

Для ориентировочной оценки используем результаты расчетов значения гамма постоянной для различных моментов времени после деления урана-235, урана-238, плутония-239 в работе [3]. В связи с тем, что гамма постоянная при ЯВ, достигает наибольшего значения на 10 сутки, а затем до 30 суток остаётся практически

постоянной, то примем $\Gamma = 2,8 \frac{P \cdot cм^2}{ч \cdot мКи}$;

A – активность участка местности;

N_C – скорость счёта импульсов с детектора (частота следования импульсов) при импульсном подключении детектора;

T_C – время счёта импульсов с детектора при заданной погрешности (обнаружения/измерения);

E_γ – энергия гамма квантов. Результаты измерения углового распределения в

вертикальной плоскости потока гамма-квантов различной энергии на высоте около 1 м над поверхностью земли, приведены на рис. 4. Необходимо отметить наличие максимума интенсивности излучения в направлении, близком к 90° . Для малых энергий интенсивность излучения снизу ($\Theta^0 \cong 0^\circ$) в 3–4 раза меньше, чем с направления близкого к горизонтальному ($\Theta^0 \cong 85^\circ$). Для более высоких энергий горизонтальная радиация почти на порядок больше излучения снизу.

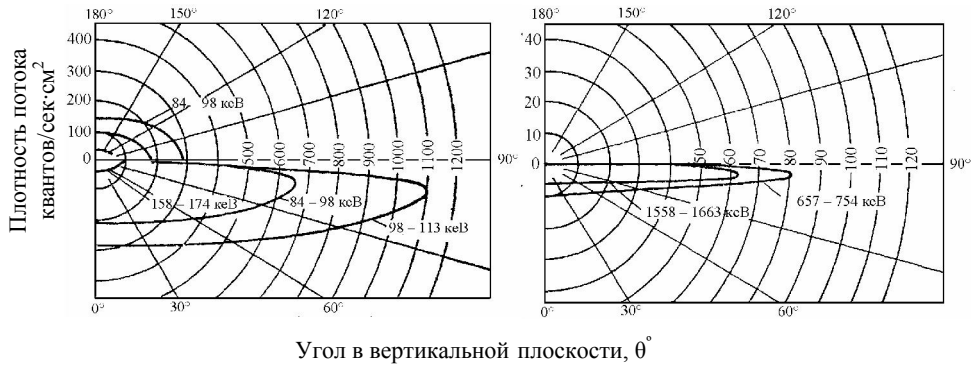


Рис.4. Диаграммы углового распределения плотности потока гамма-квантов с энергиями от 84 до 1663 кэВ в вертикальной плоскости.

$\mu_{пмв}$ – массовый коэффициент передачи энергии гамма-квантов для воздуха;

S – площадь детектора;

ε – эффективность регистрации излучения детектором (является энергетической пространственно-угловой функцией вероятности процесса взаимодействия излучения с рабочей средой детектора).

В общем случае, эффективность регистрации детекторов тем больше, чем больше их плотность, геометрические размеры и эффективный атомный номер вещества детектора. Однако, анализ показывает, что эффективность регистрации гамма-квантов, например газонаполненными счетчиками, в области энергий ниже 200 кэВ существенно зависит от материала корпуса (катода) счетчика, в котором осуществляется конверсия гамма-квантов в электроны. В интервале энергий от 100 кэВ до 3 МэВ данная эффективность не превышает 2% и практически не зависит от размеров счетчиков, а значит данный тип детекторов и не может рассматриваться для расширения контролируемой площади. На рис. 5 приведены графики спектральной эффективности регистрации гамма-излучения неорганическими сцинтилляторами NaI(Tl) различных размеров.

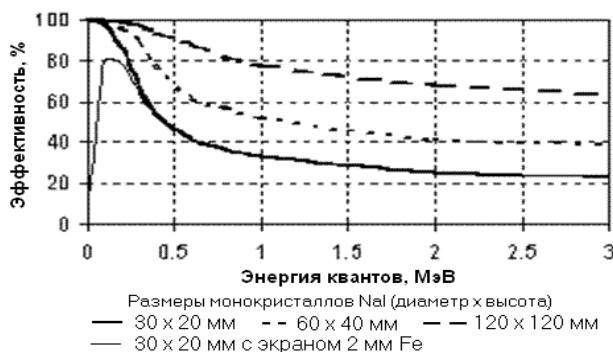


Рис. 5. Эффективность регистрации гамма-квантов сцинтилляторами NaI(Tl).

Проведённый анализ показывает, что данный детектор наилучшим способом регистрирует гамма-кванты всего диапазона энергий встречающейся в практике войсковой дозиметрии ($\varepsilon = 70\%$). При регистрации низкоэнергетических гамма-квантов (менее 100 кэВ) существенную роль начинает играть поглощение излучения в контейнере детектора и в защитной конструкции блока детектирования, если он не имеет специального входного окна,

а значит, безусловно, должен быть размещён на внешней стороне корпуса машины разведки. Влияние времени счёта (измерения), требует дополнительных исследований и связано с тактикой действия отделения разведки.

Выводы. Проведённый анализ показывает, что расширить контролируемый радиус технически возможно либо за счёт увеличения конструктивных параметров выбираемого детектора, либо за счет увеличения высоты размещения БД прибора РР. Только за счёт увеличения эффективности регистрации высокоэнергетических гамма-квантов (сцинтилляционным детектором), возможно расширить контролируемый радиус в 3-4 раза.

Литература: 1. Чернявський І.Ю. *Повышение качества проведения радиационной разведки районов путем увеличения контролируемой площади бортовым прибором радиационной разведки* / І.Ю. Чернявський, В.В. Марущенко // *Механіка та машинобудування* // *Науково-технічний журнал. Харків. НТУ «ХПИ», 2010. – №1. – С. 217–222.* 2. Чернявський І.Ю. *Обґрунтування шляхів вдосконалення системи збору та обробки інформації про РХБ обстановку при виконанні завдань підрозділами та частинами у складі ОСШР щодо нейтралізації збройного конфлікту* / І.Ю.Чернявський // *Інформаційний бюлетень військ РХБ захисту* // *Науково-інформаційне видання. Харків. ХІТВ, 2008.–№ 6(6).– С.100.* 3. *Дозиметрия ионизирующих излучений ядерного взрыва* / [Щербakov В.И., Фролов Ю.И., Мкрытычев М.Г., Фоломеев Ю.В. и др.]: под редакцией Б.А. Шестерикова. – М.: ВАНЗ, 1973. – 450с.

Bibliography (transliterated) : 1. Chernyavskiy I.Yu. *Povyishenie kachestva provedeniya radiatsionnoy razvedki rayonov putem uvelicheniya kontroliruemoy ploschadi bortovym priborom radiatsionnoy razvedki* / I.Yu. Chernyavskiy, V.V. Maruschenko // *Mehanika ta mashinobuduvannya* // *Naukovo-tehnichniy zhurnal. Harkiv. NTU «HPI», 2010. – #1. – S. 217–222.* 2. Chernyavskiy I.Yu. *Obgruntuvannya shlyahiv vdoskonalennya sistemi zboru ta obrobki informatsiyi pro RHB obstanovku pri vikonanni zavdan pidrozdilami ta chastinami u skladi OSShR schodo neytralizatsiyi zbroynogo konfliktu* / I.Yu.Chernyavskiy // *Informatsiynyi byuleten viysk RHB zahistu* // *Naukovo-Informatsiyne vidannya. Harkiv. HITV, 2008.–# 6(6).– S.100.* 3.*Dozimetriya ioniziruyuschih izlucheny yadernogo vzryiva* / [Scherbakov V.I., Frolov Yu.I., Mkrytyichev M.G., Folomeev Yu.V. i dr.]: pod redaktsiye B.A. Shesterikova. – M.: VАНZ, 1973. – 450s

Чернявский И.Ю.

УВЕЛИЧЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПЛОЩАДИ ПРИ ВЕДЕНИИ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТНОСТИ

В статье рассматриваются возможность повышения контролируемой площади бортовым прибором при ведении радиационной разведки местности.

Чернявський І.Ю.

ЗБІЛЬШЕННЯ КОНТРОЛЮЄМОЇ ПЛОЩІ ПІД ЧАС ВЕДЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ МІСЦЕВОСТІ

У статті розглядається можливість збільшення контролюємої площі бортовим приладом під час ведення радіаційної розвідки місцевості.

Chernyavsky I.Y.

INCREASE OF CONTROLLED AREAS WHILE CONDUCTING RADIATION RECONNAISSANCE

The article discusses the possibility of increasing controlled areas by onboard device while conducting radiation reconnaissance.