

ность радионуклида находят с помощью выражения:

$$A = \frac{n_1 n_2}{n_{12}} B \left(\frac{n_2}{n_{12}} \right), \quad (4)$$

где n_1, n_2 — скорости счёта от каждого детектора, n_{12} — скорость совпадений, ф-ция $B(n_2/n_{12}) \rightarrow 1$ при $(n_2/n_1) \rightarrow 1$.

Позиционно-чувствительные системы применяют при хроматографич. анализе радиоакт. препаратов. Установки, включающие ЭВМ, со спец. детекторами позволяют находить распределения источников излучения на разных сечениях исследуемого объёма (эмиссионная томография). Такие установки дают возможность изучать распределение в организме веществ, меченых γ -излучающими радионуклидами (гамма-камеры).

Эффективность регистрации γ -излучения. Отношение общего числа импульсов, поступающих от детектора (независимо от энергии, потерянной в его чувствит. объёме), к числу попаданий в детектор наз. *полной счётной эффективностью*. При работе с *гамма-спектрометрами* наиб. часто определяют сумму импульсов в пику полного поглощения. Т. к. осн. часть импульсов в цикле полного поглощения обычно связана с фотоэффектом, то говорят об *фотоэффективности* (см. *Гамма-излучение*).

Для сравнения детекторов используют относит. эффективность — отношение эффективностей регистрации данного детектора и сцинтилляционного детектора NaI(Tl) диам. и высотой 76,2 мм в пику полного поглощения при энергии γ -излучения $\mathcal{E}_\gamma = 1332$ кэВ (источник — ^{60}Co) или 661,7 кэВ (^{137}Cs). Напр., для полупроводникового детектора Ge(Li) с чувствит. объёмом 130 см³ относит. эффективность для фотонов с $\mathcal{E}_\gamma = 1332$ кэВ порядка 25%. Его энергетич. разрешение при этом в 50 раз лучше, чем у NaI(Tl).

Эффективность регистрации зависит от энергии γ -излучения \mathcal{E}_γ (кривая эффективности). В спектрометрич. режиме наиб. важна кривая фотоэффективности. Её обычно измеряют, используя т. н. образцовые спектрометрич. γ -источники с радионуклидами: ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{88}Y , ^{109}Cd , ^{113}Sn , ^{126}I , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{139}Ce , ^{152}Eu , ^{153}Cd , ^{203}Hg , ^{228}Th , ^{241}Am и др. Для таких источников с высокой точностью определены активности радионуклидов, кол-ва γ -квантов в определ. спектральных линиях, испускаемые в 1 с в угле 4л. При исследовании внеш. среды, а также излучения человека используют образцовые объёмные источники, создаваемые часто на основе радиоакт. растворов.

В области энергии γ -квантов $\mathcal{E}_\gamma \sim 200$ —2500 кэВ зависимость эффективности регистрации F от \mathcal{E}_γ описывается ф-лой:

$$\ln F = a_1 + a_2 \ln \mathcal{E}_\gamma + a_3 (\ln \mathcal{E}_\gamma)^2. \quad (5)$$

В частном случае полупроводникового детектора

$$\ln F + 25 = \ln F \frac{2}{\pi} \arctg[\exp(a_4 + a_5 \ln \mathcal{E}) + a_6 (\ln \mathcal{E}_\gamma)^2], \quad (6)$$

где a_1, \dots, a_5 — численные коэффициенты. При замене одного детектора другим эффективность в пику полного поглощения ($\mathcal{E}_\gamma \leq 3$ МэВ) определяется соотношением:

$$\ln F = \text{const} + S \ln \mathcal{E}, \quad S = a \ln V_{\text{акт}} + b, \quad (7)$$

где $V_{\text{акт}}$ — активный объём детектора, $a = 0,6246$; $b = -2,136$. Для диапазона энергий $\mathcal{E}_\gamma \sim 60$ —3050 кэВ при измерении в чашечках Петри и в сосудах Маринелли эффективность описывается ф-лой:

$$\ln F = a_1 - [a_2 + a_3 \exp(-a_4 \mathcal{E})] \exp(-a_5 \mathcal{E}) \ln \mathcal{E}. \quad (8)$$

Погрешности измерений. Потери счёта η в установках обусловлены мёртвым временем установ-

ки и неизбежностью случайных совпадений. Мёртвым временем τ_m наз. время нечувствительности детектирующей системы вслед за попаданием в неё частицы (фотона). Мёртвое время может быть продлевающимся или фиксированным. В первом случае $\eta = \exp(-n\tau_m)$, во втором $\eta = (1 + n\tau_m)^{-1}$, где n — скорость счёта. Часто $\tau_m = f(n)$, напр. $\tau_m = a_0 + a_1 n$. Параметры a_0, a_1 определяют экспериментально с короткоживущим радионуклидом, напр. ^{113m}In ($T_{1/2} = 99,48$ мин).

В пику полного поглощения γ -квантов потери счёта могут вызываться одновременной регистрацией событий, произошедших в каскаде, и случайными совпадениями в пределах времени формирования сигнала. Величину η находят, измеряя спектры излучения при разных расстояниях источника от детектора.

Энергетическое разрешение. Мерой разрешающей способности спектрометрич. установки является полная ширина пика на половине высоты в распределении импульсов по энергии. Для сцинтилляционных детекторов её принято выражать величиной $\Delta \mathcal{E}/\mathcal{E}$ (%), для полупроводниковых — $\Delta \mathcal{E}$. Для рентгеновского и γ -излучения приводят $\Delta \mathcal{E}$ для энергий $\mathcal{E}_\gamma = 5,9$ кэВ, 122 кэВ и 1332 кэВ.

Чувствительность. Мин. детектируемая концентрация (МДК) радионуклида (в Бк·кг⁻¹) в источнике определяется ф-лой

$$\text{МДК} = \frac{2}{K_1 K_2 M} \sqrt{\frac{B}{t}}. \quad (9)$$

Здесь M — масса пробы, K_1 — коэф., учитывающий выход регистрируемого излучения на 1 акт распада радионуклида, K_2 — эффективность регистрации, B — скорость счёта фона, t — время измерений.

Радиационная «значимость» радионуклидов. Для оценки радиац. воздействия разл. радионуклидов применяют два метода: оценивают вклад радионуклида в индивидуальную усреднённую годовую дозу и эл. у ч е н и я для критич. группы людей — лиц, находящихся в наихудших условиях с точки зрения радиац. воздействия (табл. 1); оценивают вклад этого радио-

Т а б л. 1. — Связь усреднённой годовой дозы, содержащейся в продуктах питания, с удельной активностью некоторых радионуклидов

Радионуклид	Объект	Концентрация радионуклидов, ведущая к эквив. дозе 10 мкЗв в 1 г (в критич. группе), Бк/л, Бк/кг
^{14}C ^{35}S $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ^{131}I ^{134}Cs ^{137}Cs	Молоко	8
	—»—	20
	—»—	0,3
	—»—	0,4
	—»—	0,5
^{60}Co $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ^{134}Cs ^{137}Cs	Рыба	10
	—»—	3
	—»—	5
^{60}Co ^{106}Ru ^{137}Cs	Панцирные животные (раки, черепахи и др.)	200
	—»—	200
	—»—	70

нуклида в популяционную дозу. За концентрацией отд. радионуклидов, дающих вклад в годовую дозу, на уровне 10 мкЗв устанавливается систематич. наблюдение. Проводится паспортизация состояния окружающей среды с последующим наблюдением за скоростью нарастания содержания радионуклидов.