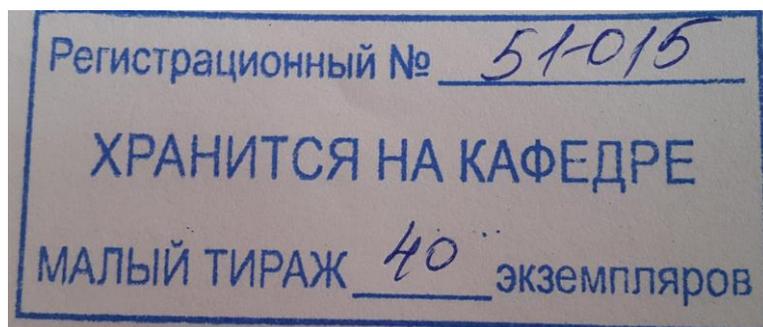


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Рекомендовано редакционной комиссией
по двигателям летательных аппаратов и энергомашиностроению
в качестве методических указаний*

САМАРА – 2015

УДК: 658.3(075)

Составители: В.В. Морозов, Г.Ф. Несоломенов, О.А. Свидерский

Рецензент: д-р техн. наук. проф. Прохоров С.А.

Радиоэкологический контроль окружающей среды: метод. указания / сост. В.В. Морозов, Г.Ф. Несоломенов, О.А. Свидерский.– Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2015.– 20 с.

Даётся понятие об экологическом контроле окружающей среды с помощью бытовых приборов радиометрического контроля. Описываются общие вопросы радиометрического контроля, единицы измерения радиационной обстановки окружающей среды.

Методические указания предназначены для закрепления знаний студентов вузов в области охраны труда и окружающей среды в части практического измерения радиационного фона и оценки его воздействия на человека и природу.

Методические указания рекомендованы для всех форм обучения и всех специальностей университета, так как позволяют получить соответствующие навыки в освоении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Настоящие указания могут быть также использованы для лиц, проходящих повышение квалификации по охране труда и работников отделов охраны труда промышленных производств.

Разработаны на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности СГАУ.

Цель работы: научиться проводить измерения мощности экспозиционной дозы γ -излучения, плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей и осуществлять оценку объемной активности радионуклидов в веществах.

Задачи:

1. Изучить основные понятия радиационной безопасности: явление радиоактивности, физические единицы измерения радиоактивных излучений, дозы и мощность дозы облучения, виды излучения и их природа, дозовые нагрузки на человека.

2. Ознакомиться с устройством и принципом работы дозиметра-радиометра.

3. Провести исследования, касающиеся определения мощности экспозиционной дозы, плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей и объемная (удельная) активность радионуклидов в пробах.

4. Подготовить отчет по результатам выполненной работы, сделав соответствующие выводы и рекомендации.

1 РАДИАЦИЯ. ВЕЛИЧИНЫ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Радиоактивность – самопроизвольный распад неустойчивых атомных ядер-радионуклидов, сопровождающийся испусканием корпускулярного или жесткого рентгеновского (γ -кванты) электромагнитного излучения. Обычно в результате радиоактивного распада из ядер атомов одного химического элемента образуются ядра другого элемента. Основной закон радиоактивности (в интегральной форме)

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где N_0 – исходное число ядер;

N_t – число ядер, не распавшихся к моменту времени t .

Значение связано с периодом полураспада $T_{1/2}$ (время, в течение которого число ядер уменьшается в результате распада вдвое) соотношением

$$\lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2 = 0,692. \quad (2)$$

Закон радиоактивности имеет статический характер. Для отдельного ядра предсказать момент его распада невозможно.

Активность (A) радиоактивного источника называется числом радиоактивных распадов в единицу времени:

$$A = \frac{dN}{dt} \quad (3)$$

Единицей активности является беккерель (Бк) – 1 расп. / с. На практике широко применяется внесистемная единица кюри (Ки).

Соотношение между этими единицами: **1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.**

Кратные единицы:

милликюри 1 мКи ($1 \cdot 10^{-3}$ Ки),

микрокюри 1 мкКи ($1 \cdot 10^{-6}$ Ки).

В практической дозиметрии используют производные величины. Удельная активность источника (A_m) – отношение его активности к массе:

$$A_m = \frac{A}{m} \quad (4)$$

A_m обычно измеряется в Ки/кг, Бк/кг.

Объемная активность источника (A_v) – соотношение активности источника (A) к его объему (V):

$$A_v = \frac{A}{V} \quad (5)$$

A_v измеряется в Ки / м³, Бк / м³.

Поверхностная активность источника (A_s) – отношение активности источника (A) к площади его излучающей поверхности (S):

$$A_s = \frac{A}{S} \quad (6)$$

A_s измеряется в Ки / м², Бк / м².

Допускаются кратные этим величинам единицы, например, килобеккерель/литр – (кБк/л), милликюри/кг (мКи/кг) и т.д.

Поражающее воздействие радиации на живое вещество происходит в результате упругих и неупругих (нейтроны) взаимодействий излучений с атомами и молекулами мишени. Упругие взаимодействия вызывают ионизацию, неупругие сопровождаются ядерными реакциями, и то и другое воздействие убивает живые клетки, лишая их возможности осуществлять обмен веществ с внешней средой.

Альфа (α)-излучение – поток ядер гелия, испускаемых веществом при радиоактивном распаде ядер или в результате ядерных реакций. Их энергия не превышает нескольких МэВ. Чем больше энергия частицы, тем больше полная ионизация, вызываемая ею в веществе. Пробег α -частиц, испускаемых радиоактивными веществами, достигает 8-9 см в воздухе, а в живой ткани – нескольких десятков микрометров. Обладая сравнительно большой массой, α -частицы быстро теряют свою энергию при взаимодействии с веществом, что обуславливает их низкую проникающую способность и высокую удельную ионизацию, составляющую в воздухе на 1 см пути несколько десятков тысяч пар ионов.

Бета (β)-излучение – поток электронов или позитронов, возникающих при

радиоактивном распаде. Энергия β -частиц не превышает нескольких МэВ.¹ Максимальный пробег в воздухе составляет 1800 см, а в живых тканях – 2,5 см. Ионизирующая способность β -частиц ниже (несколько десятков пар на 1 см пробега), а проникающая способность выше, чем у α -частиц, так как они обладают значительно меньшей массой и при одинаковой с α -частицами энергии имеют меньший заряд.

Нейтроны (n^0) – (поток которых образует нейтронное излучение) преобразуют свою энергию в упругих и неупругих взаимодействиях с ядрами атома; при неупругих взаимодействиях возникает вторичное излучение, которое может состоять как из заряженных частиц, так и из гамма (γ) квантов (γ -излучение). При упругих взаимодействиях возможна обычная ионизация вещества. Проникающая способность n^0 существенно зависит от их энергии и состава атомов вещества, с которыми они взаимодействуют.

γ -излучение – электромагнитное (фотонное) излучение, испускаемое при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью и малым ионизирующим действием. Энергия его находится в пределах 0,01-3,00 МэВ.

Основной характеристикой взаимодействия ионизирующего излучения со средой служит ионизационный эффект. В начальный период развития радиационной дозиметрии чаще всего приходилось иметь дело с рентгеновским излучением, распространявшимся в воздухе. Поэтому в качестве количественной меры поля излучения использовалась степень ионизации воздуха. Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название экспозиционная доза. Она определяет ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей, а также выражает энергию излучения, которая преобразуется в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха.

¹ 1 МэВ (мегаэлектронвольт) = $1,6 \cdot 10^{-12}$ Дж.

Экспозиционная доза (X) – это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака в элементарном объёме воздуха при нормальных условиях, к массе воздуха в этом объёме.

В международной системе единиц (СИ) единицей измерения экспозиционной дозы является кулон, деленный на килограмм (Кл / кг). Внесистемная единица – рентген (Р). Между системной и несистемной единицами измерения установлено соотношение:

$$1 \text{ Кл / кг} = 3876 \text{ Р.}$$

Мощность экспозиционной дозы – приращение экспозиционной дозы dX под воздействием данного излучения за интервал времени dt :

$$P = \frac{dX}{dt} \quad (7)$$

Измеряется мощность экспозиционной дозы в Р/с, Р/ч и ее производных величинах (мкР/ч, мР/ч).

Степень радиационных воздействий ионизирующего излучения на живой организм зависит в первую очередь от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя введено понятие **поглощенной дозы (Д)** ионизирующего излучения, поглощенного облучаемым веществом. Единицей поглощенной дозы служит грей:

$$1 \text{ грей (Гр)} = 1 \text{ Дж / кг}$$

внесистемная единица – рад:

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад.}$$

Мощностью поглощенной дозы (Р) называется приращение поглощенной дозы $dД$ за интервал времени dt :

$$P = \frac{dД}{dt} \quad (8)$$

Измеряется мощность поглощенной дозы (Р) в рад/с, Гр/с, рад /ч, Гр /ч, а также в производных от них единицах (миллиард в час – Мрад / ч),

ВНИМАНИЕ! Широко употребляемая ранее величина экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения для оценки радиационного воздействия ионизирующего излучения на человека в настоящее время не применяется, так как развитие дозиметрии показало нецелесообразность использования этой величины.

Основной дозиметрической величиной в области радиационной безопасности является **эквивалентная доза**, введенная для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия малых доз ионизирующего излучения произвольного состава (радиобиологического эффекта).

Изучение отдельных последствий облучения живых тканей показало, что при одинаковых поглощенных дозах различные виды радиации производят неодинаковое биологическое воздействие на организм. Обусловлено это тем, что более тяжелая частица (например, протон) производит на единице длины пути в ткани больше ионов, чем легкая (например, электрон). При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический разрушительный эффект тем выше, чем плотнее ионизация, создаваемая излучением. Чтобы учесть этот эффект, введено понятие эквивалентной дозы.

Эквивалентная доза (Н) рассчитывается как произведение поглощенной дозы (Д) на специальный коэффициент – коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициент качества:

$$H = D \cdot K, \quad (8)$$

где Д – поглощенная доза;

К – коэффициент качества, учитывающий биологическую активность разных видов ионизирующего излучения.

Значения коэффициент качества представлены в таблице 1.

Коэффициент относительной биологической эффективности для различных видов излучений

Вид излучения	Коэффициент, Зв/Гр
Рентгеновское и γ -излучение	1
β -излучение(электроны, позитроны)	1
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1-10 МэВ	10
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
α -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжёлые ядра отдачи	20

Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе любого вида излучения, поглощенной в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (до 1963 года – биологический эквивалент рентгена, после 1963 года – биологический эквивалент рада):

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр.}$$

Производные величины миллибэр (мбэр), микрозиверт 1 (мкЗв) и т.п.

Соответствующая величина мощности эквивалентной дозы:

$$H = \frac{dH}{dt} \quad (9)$$

измеряется в бэр / с, Зв / с. Используются мкбэр / ч и мбэр / ч, микро- и милли-соответственно.

Соотношения между величинами экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозами сложная задача и в каждом конкретном случае решается отдельно. Однако для широкого круга практических задач дозиметрии рентгеновского и гамма-излучения можно удовлетвориться следующими соотношениями, представленными в табл. 2.

Таблица 2

Соотношения между единицами СИ и внесистемными единицами активности и характеристик поля излучения

Величина и ее символ	Название и обозначение единиц		Связь между единицами
	Единица СИ	Внесистемная единица	
Активность А	Беккерель (Бк), равный одному распаду в секунду (расп./с)	Кюри (Ки)	1 Ки = $3,700 \cdot 10^{10}$ расп./с = $3,700 \cdot 10^{10}$ Бк; 1 Бк = 1 расп./с; 1 Бк = 1 расп./с = $2,703 \cdot 10^{-11}$ Ки
Плотность потока I или тока Je энергии частиц	Ватт на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$), равный одному джоулю на квадратный метр в секунду [$\text{Дж}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$]	Эрг на квадратный сантиметр в секунду [$\text{эрг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$] или мегаэлектрон-вольт на квадратный сантиметр в секунду [$\text{МэВ}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$]	1 эрг/ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ = 1×10^{-3} Дж/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ = $1 \cdot 10^3$ Вт/ м^2 ; 1 Вт/ м^2 = 1 Дж/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ = $1 \cdot 10^3$ эрг/ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$; 1 МэВ/ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ = $1,602 \cdot 10^{-9}$ Дж/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ = $1,602 \cdot 10^{-9}$ Вт/ м^2 ; 1 Вт/ м^2 = 1 Дж/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ = $6,24 \cdot 10^8$ МэВ/ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$
Поглощенная доза D	Грэй (Гр), равный одному джоулю на килограмм ($\text{Дж}/\text{кг}$)	Рад (рад)	1 рад = 100 эрг/г = $1 \cdot 10^{-2}$ Дж/кг = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр; 1 Гр = 1 Дж/кг; 1 Гр = 1 Дж/кг = 10^4 эрг/г = 100 рад
Мощность поглощенной дозы D	Грэй в секунду (Гр/с), равный одному джоулю на килограмм в секунду [$\text{Дж}/(\text{кг} \times \text{с})$]	Рад в секунду (рад/с)	1 рад/с = $1 \cdot 10^{-2}$ Дж/ $(\text{кг} \times \text{с})$ = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр/с; 1 Гр/с = 1 Дж/ $(\text{кг} \times \text{с})$ = $1 \cdot 10^2$ рад/с
Эквивалентная доза Н	Зиверт (Зв), равный одному грэю на коэффициент качества [1 Гр/к = 1 ($\text{Дж}/\text{кг}$)/к]	Бэр (бэр)	1 бэр = 1 рад/к = $1 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ Дж/кг/к = $1 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ Гр/кг/к = 10^{-2} Зв 1 Зв = 1 Гр/к = 1 Дж/кг/к = 100 рад/к = 100 бэр
Мощность эквивалентной дозы Н	Зиверт в секунду (Зв/с)	Бэр в секунду (бэр/с)	1 бэр/с = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв/с; 1 Зв/с = 100 бэр/с
Экспозиционная доза X	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р)	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг (точно); 1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^3$ Р (приближенно)
Мощность экспозиционной дозы X	Кулон на килограмм в секунду [$\text{Кл}/(\text{кг} \times \text{с})$]	Рентген в секунду (Р/с)	1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/ $(\text{кг} \cdot \text{с})$ (точно); 1 Кл/ $(\text{кг} \cdot \text{с})$ = $3,88 \cdot 10^3$ Р/с (приближенно)

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц, их наименований и обозначений представлены в таб. 3.

Таблица 3

Перевод системных и внесистемных единиц в производные величины

Множитель	Приставка	Обозначение
1	2	3
10^{18}	экса	э
10^{15}	пета	п
10^{12}	тера	т
10^9	гига	г
10^6	мега	м
10^3	кило	к
10^2	гекто	г
10^1	дека	да
10^{-1}	деци	д
10^{-2}	санти	с
10^{-3}	милли	м
10^{-6}	микро	мк
10^{-9}	нано	н
10^{-12}	пико	п
10^{-15}	фемто	ф
10^{-18}	атто	а

2 ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ. ВНЕШНЕЕ И ВНУТРЕННЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ

Биосфера во все времена была подвержена воздействию радиации за счет радиоактивности почвы и космических лучей. Естественная (природная) радиоактивность почвы связана с наличием продуктов распада радиоактивных семейств: урана-238 (ряд урана-радия), урана-235 (ряд актиноурана) и тория-230.

В результате векового равновесия между продуктами последовательных превращений элементов каждого семейства в окружающей среде содержится

некоторое количество природных радионуклидов. Например, в ряду семейства урана-238 присутствует радиоактивный газ радон-222 (период полураспада 3,8 дня). Живые организмы эволюционно приспособились к природным радионуклидам, в том числе к их аномалиям в ряде мест земного шара (Индия, Китай, Бразилия). Даже вынос радионуклидов на поверхность Земли в результате обычной вулканической деятельности не отражается в целом на биосферу. К наиболее активным природным радионуклидам относятся изотоп калия (K-40) – 35 % эффективной коллективной дозы; уран (U-238) – 25 % и торий (Th-232) – 40%.

Различают внешнее, когда радионуклиды попадают на кожу человека, и внутреннее облучение, за счет радиоактивных частиц, проникших внутрь организма. Внутреннее облучение за счет природных радионуклидов составляет 2/3 эффективной эквивалентной дозы. Для предотвращения внутреннего облучения при проникновении радиоактивных веществ в организм человека используются эволюционно созданные системы защиты органов животных и человека от ксенобиотиков.²

Особенно опасен для человека радон – тяжелый невидимый газ. Радон в 7,5 раза тяжелее воздуха, дает 3/4 годовой индивидуальной эквивалентной дозы облучения. Основная часть поступает в легкие человека в закрытом непроветриваемом помещении. Здесь его концентрация может в восемь раз превышать содержание его на открытом воздухе. Большую опасность представляет попадание паров воды с высоким содержанием радона в легкие человека.

Годовая эффективная эквивалентная доза, обусловленная γ -излучением естественных радионуклидов в почве (Н), рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{год}} = P \cdot T \cdot K_{\text{пр}} \cdot K, \quad (10)$$

где P – мощность поглощенной дозы в конкретной местности (нГр/ч);

T – 8760 часов (количество часов в году). В высокосный год прибавляется один час;

$K_{\text{пр}} = 0,2$ – коэффициент, учитывающий время пребывания человека на открытой местности;

² Под ксенобиотиком понимается любое чужеродное вещество, попавшее в организм человека и подвергающееся в нем превращению (метаболизму).

$K = 0,7$ – отношение мощности эквивалентной дозы для биологической ткани к поглощенной дозе в воздухе для средних энергий гамма-излучений.

Так, при $P = 100$ мГр/ч (10 мкр/ч) $H_{\text{год}} > 12$ нбэр (120 мкЗв). Внутри помещения $H_{\text{год}} < 250$ мкЗв.

ВНИМАНИЕ! Научный комитет по действию атомной радиации (НКДАР) при ООН рекомендует в качестве среднего значения суммарной годовой дозы от внешних естественных источников принимать 0,3-0,6 МэВ (30-60 мбэр).

Доза, обусловленная β -частицами естественных радионуклидов, в среднем не превышает 10 мкЗв за год. Поэтому при контроле радиационной обстановки на практике чаще всего контролируется мощность дозы (экспозиционной, поглощенной или эквивалентной) γ -излучения.

Обобщая материал настоящего раздела, можно сделать следующие выводы:

1. Внешнее облучение, обусловленное естественными радионуклидами, примерно равно космическим излучениям (30 мбэр).

2. Облучение при поступлении естественных радионуклидов в человеческий организм составляет 130 мбэр.

3. Среднегодовая аффертивная эквивалентная доза от естественных источников радиоактивности составляет 200-300 мбэр (2-3 мЗв).

4. Учитывая рассеянность природных радионуклидов и наличие защитных механизмов от естественной радиации у человека, можно считать, что человек достаточно стоек к радиационному воздействию на уровне 1-10 мЗв (0,100-1,000 бэр) в год. При этом медицинские сотрудники не наблюдают каких-либо изменений в состоянии здоровья человека.

Механизмы биологического воздействия ионизирующих излучений могут проявляться в виде первичного и вторичного действия.

Первичное действие – это прямое попадание в биологические молекулярные структуры клеток. Вторичное действие состоит в образовании свободных радикалов, возникающих в результате ионизации, создаваемой излучением в жидких средах

организма и клеток. Свободные радикалы вызывают разрушения целостности цепочек макромолекул (белков и нуклеиновых кислот), что может привести как к массовой гибели клеток, так и канцерогенезу и мутагенезу. Наиболее подвержены воздействию ионизирующего излучения активно делящиеся (эпителиальные, стволовые, также эмбриональные) клетки.

После действия излучения на организм в зависимости от дозы могут возникнуть детерминированные и стохастические радиобиологические эффекты. Например, порог появления симптомов острой лучевой болезни у человека составляет 1-2 Зв на всё тело.

В отличие от детерминированных, стохастические эффекты не имеют чёткого дозового порога проявления. С увеличением дозы облучения возрастает лишь частота проявления этих эффектов. Проявиться они могут как спустя много лет после облучения (злокачественные новообразования), так и в последующих поколениях (мутации).

3 ТЕХНОГЕННЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

Техногенный радиационный фон обусловлен:

– концентрированием естественных радионуклидов. Наиболее богатые руды урана содержат менее 2 % этого элемента. Получение чистого урана (концентрирование) и обогащение его изотопом 235 связано с утечкой урана в окружающую среду на всех этапах ядерной промышленности;

– ядерная промышленность, ядерные взрывы, аварии на ядерных объектах и др. «наработали» огромное количество радионуклидов – «осколков» деления ядер урана, которых ранее не знала природа.

Среди них стронций-90 (период полураспада – 28 лет), цезий-137 (период полураспада – 33 года) и др., которые усваиваются живыми организмами, создавая в их теле стационарные источники радиации.

Реальный радиационный фон, таким образом, создается за счет естественных и искусственных радионуклидов.

Техногенные источники повышают уровень радиационного фона по сравнению с его естественными значениями и, следовательно, увеличивают опасность его воздействия на человека и природу.

4 КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ БЫТОВОГО ДОЗИМЕТРА-РАДИОМЕТРА АНРИ-01-02 «СОСНА»

Для замера радиационного излучения отечественной промышленностью создан ряд приборов, которые позволяют получить надежные данные, необходимые при оценке опасности его воздействия на человека. Бытовой дозиметр-радиометр «Сосна» относится к одному из них.

Дозиметр-радиометр «Сосна» (далее прибор) предназначен для индивидуального использования населением с целью контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях путем измерения мощности экспозиционной (полевой эквивалентной) дозы γ -излучения и плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей, а также оценки объемной активности радионуклидов в веществах.³

4.1 Технические данные и характеристики

1. Диапазон измерения мощности:

– экспозиционной дозы гамма-излучения, мР /ч: **0,010-9,999**;

– полевой эквивалентной дозы гамма-излучения, мкЗв /ч: **0,1-99,99**;

её значение определяют путем умножения показаний прибора на 10.

2. Диапазон измерения плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей, част./см² мин:

10 – 5000

³ *Примечание:* Результаты измерений, полученных с помощью прибора, не могут быть использованы для официальных заключений государственными органами. Прибор не дает возможности изучить спектральный состав излучения фона и определить радионуклиды, его породившие.

3. Диапазон оценки объемной активности растворов (по изотопу- ^{137}Cz):⁴

$$10^{-7} - 10^{-6} \text{ Ки/л};$$

$$3,7 \cdot 10^3 - 3,7 \cdot 10^4 \text{ Бк/л}.$$

4. Диапазон энергии:

– γ -излучения:

$$0,06 - 1,25 \text{ МэВ};$$

$$9,6 - 200 \text{ фДж};$$

– β -излучения:

$$0,5 - 3 \text{ МэВ};$$

$$80 - 560 \text{ фДж}.$$

4.2 Устройство прибора

Расположение элементов конструкции и органов управления и индикации приведены на рис. 1.

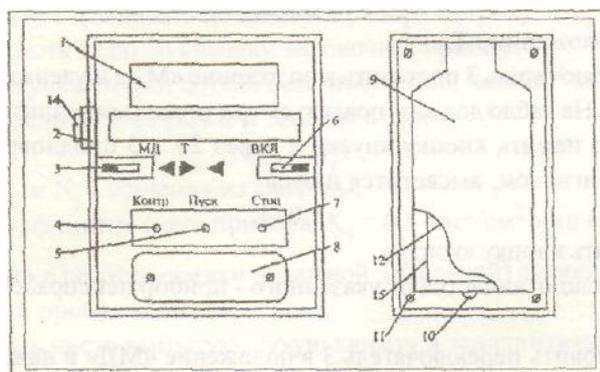


Рис 1. Устройство прибора: 1 – цифровое табло, 2 – гнездо для подключения выносного блока, 3 – переключатель режимов работы, 4 – Кнопка контроля работоспособности прибора, 5 – кнопка «пуск», включение измерения, 6 – выключатель питания, 7 – кнопка «стоп», выполнения измерения, 8–15 – элементы корпуса прибора.

При работе прибора преобразователь напряжения подает через токоограничивающие R-C (сопротивление-емкость) цепочки на аноды газоразрядных счетчиков напряжение $\sim 400 \text{ В}$. При попадании в рабочие объемы счетчиков

⁴ **Примечание:** При оценке объемной активности радионуклидов в веществах время измерения задается потребителем.

ионизирующих частиц на нагрузке счетчиков появляются импульсы. Эти импульсы подаются на табло жидкокристаллического индикатора.

Прибор обеспечивает прямой отсчет величины мощности экспозиционной дозы γ -излучения в мР/ч на цифровом табло.

Время замера устанавливается либо в автоматическом режиме (в течение $20,0 \pm 5,0$ с.), либо в «ручном».

В режиме измерения плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей необходимо проведение двух измерений: с закрытой и открытой задней крышкой прибора.

ВНИМАНИЕ! При замерах с открытой задней крышкой необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить тонкую защитную пленку, закрывающую счетчики прибора. Измерения проводить на расстоянии примерно 1 см от загрязненной поверхности.

В режиме оценки объемной активности радионуклидов в пробах необходимо также проведение двух измерений. Оба измерения с открытой задней крышкой, прибор устанавливается на кювету. Первое измерение проводится с кюветой, заполненной чистой питьевой водой, второе измерение с кюветой, заполненной исследуемым веществом. Время измерения контролируется по часам.

4.3 Подготовка прибора к работе

1. Выключатель питания перевести в положение «ВКЛ». На табло индицируется:

– **0.000** если переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) находится в положении «МД»;

– **0000** если переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) находится в положении «Т».

2. Переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) поставить в положение

«МД» и удерживать кнопку «контр». На табло должны появиться три точки между цифрами, кратковременно нажать кнопку «пуск» и через 20 ± 5 с, одновременно со звуковым сигналом, высветится цифра **1.024**.

Отпустить кнопку «контр». Если число отличается от указанного – прибор неисправен.

3. Установить переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) в положение «МД» и нажать кнопку «пуск». Если на табло число менее **0.005** – прибор неисправен.

4.4 Порядок работы

1. Работа в режиме поиск.

1.1. Поставить переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) в положение «Т» и кратковременно нажать кнопку «Пуск». Через каждые 10 импульсов подается звуковой сигнал и число импульсов индицируется на световом табло. (При естественном фоне 1-6 импульсов в минуту).

1.2. Перевести переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) в положение «МД» и нажать кратковременно кнопку «Пуск». Через $20,0 \pm 5,0$ с одновременно с кратковременным сигналом на цифровом табло высветится экспозиционная доза гамма-излучения в мР/ч.

Для повторного запуска снова кратковременно нажимается кнопка «Пуск». Для увеличения точности измерения провести не менее трех замеров, после чего найти среднеарифметическое значение мощности экспозиционной дозы (P_{γ}) и занести в табл. 4 (строка 1).

ВНИМАНИЕ! При переполнении всех четырех разрядов табло индикатора повторите измерение и, если опять произошло переполнение (9999), немедленно покиньте помещение !!! и сообщите в соответствующие государственные службы о происшедшем.

2. *Работа в режиме измерения потока β -излучения с загрязненных поверхностей.*

2.1. Перевести переключатель режимов работы (на рис. поз. 3) в режим работы «МД». Поднести прибор задней плоскостью к исследуемой поверхности на расстояние 0,5-1,0 см и кратковременно нажать кнопку «Пуск». Выполнить не менее трех замеров, после чего найти их среднеарифметическое значение (N_γ) и занести в табл. 4 (строка 2).

2.2. Открыть заднюю крышку прибора, провести измерения аналогично пункту 1 и записать показания прибора ($N_{\gamma+\beta}$) в строку 3 табл. 4.

2.3. Закрыть заднюю крышку, выключить прибор.

Величину плотности потока β -излучений, част. / см^2 мин, поверхности вычислить по формуле и занести в строку 4 табл. 4:

$$q = K_s \cdot (N_{\gamma+\beta} - N_\gamma), \quad (11)$$

где $N_{\gamma+\beta}$ и N_γ – значения из табл. 2;

K_s – коэффициент счета прибора, который равен 0,5 част./ $\text{см}^2 \cdot \text{мин} \cdot \text{импульс}$.

3. *Работа в режиме оценки объемной (удельной) активности радионуклидов в пробах веществ,*

3.1. Взять чисто вымытую сухую кювету и заполнить ее до отметки «Уровень» чистой питьевой водой.

3.2. Открыть заднюю крышку прибора и установить его на кювету, предварительно установив переключатель 3 в положение «Т». Нажать кнопку «Пуск» и через 10 мин (время измеряется по секундомеру) нажать кнопку «Стоп».

Записать показания прибора (N_ϕ) в строку 5 табл. 4.

ВНИМАНИЕ! При показаниях $K_\phi > 1500$ промыть кювету в растворе стирального порошка и вытереть насухо (дезактивация), а измерения повторить.

3.3. Исследуемое вещество (выдается преподавателем) засыпать, залить в кювету по отметке «Уровень». Установить прибор на кювету и провести замер так

же, как и в 3.2. Записать показания прибора ($N_{\phi+n}$) в строку 6 табл. 3.

Оценить величину объемной активности радионуклидов, Ки/л, проводится по формуле:

$$A = K_n \cdot (N_{\phi+n}/t_2 - N_{\phi}/t_1), \quad (12)$$

где N_{ϕ} – показатель прибора при замере с кюветой, заполненной водой, импульс;

$N_{\phi+n}$ – замер с исследуемым веществом;

$t_1 = t_2 = 10$ мин;

K_n – коэффициент прибора, $K_n = 3 \cdot 10$ Бк · мин/л · импульс.

Если $A < 2 \cdot 10^{-7}$ Ки / л ($N_{\phi+n} - N_{\phi} < 250$ импульсов), необходимо повторить измерение. Если в результате повторных измерений и расчетов $A < 10^{-7}$ Ки/л ($3,7 \cdot 10^{-3}$ Бк / л), то оценить объемную радиоактивность невозможно, можно лишь считать, что $A < 10^{-7}$ Ки/л ($3,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/л).

Таблица 4

Протокол измерений

Замеряемая величина	Показания прибора	№ строки		Единица измерения
Мощность экспозиционной дозы	Среднеарифметическое значение X_{γ}	1		мР/ч
Плотность потока β -излучения с загрязненных поверхностей	Среднеарифметическое значение N_{γ}	2		част/см ² ·мин
	$N_{\gamma+\beta}$	3		
	q	4		
Объемная (удельная) активность радионуклидов в пробах	N_{ϕ}	5		Ки/л
	$N_{\phi+n}$	6		
	A	7		

5 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. На территории Российской Федерации естественная мощность экспозиционной дозы внешнего излучения составляет около 0,015 мР / ч. Для населения, проживающего вблизи атомных электростанций и других предприятий, Национальной Комиссией по Радиационной защите (НКРЗ) установлен предел допустимой (в течение года) мощности дозы на открытой местности 0,06 мР/ч, с учетом того, что здания ослабляют излучения в два и более раз, мощность дозы на открытой местности может быть 0,12 мР/ч.

Если мощность дозы превысит 0,25 мР / ч, время пребывания следует ограничить одним кварталом в год, при 0,7 мР/ч – одним месяцем в год, и т.д.

ВНИМАНИЕ! Рекомендуется сообщить об этом представителям санитарно-эпидемиологической службы.

5.2. При измерениях загрязненности поверхностей нательного и постельного белья, полотенец, лицезов средств индивидуальной защиты допустимый уровень загрязненности β -активными радионуклидами считается равным 100 β , част. / см² · мин; для верхней одежды и других средств индивидуальной защиты – 200 β , част. / см² · мин; для внутренних поверхностей жилых помещений – только 200 β , част. / см² · мин.

ВНИМАНИЕ! При обнаружении загрязнений выше нормы необходима тщательная стирка и дезактивация одежды и белья и дезактивация помещений с применением синтетических моющих средств, затем новый контроль загрязненности и т.д. до её уменьшения ниже, указанных уровней.

При обнаружении загрязнений выше нормы необходима тщательная стирка и дезактивация одежды и белья и дезактивация помещений с применением синтетических моющих средств, затем новый контроль загрязненности и т.д. до её

уменьшения ниже, указанных уровней.

5.3. При оценке результатов измерения удельной (объемной) активности радионуклидов следует руководствоваться следующими нормативами: радиоактивное загрязнение продуктов питания и кормов составляет $1 \cdot 10^{-7}$ Ки / кг (Ки / л) по изотопу цезий-137.

ВНИМАНИЕ! При обнаружении загрязнения продуктов питания рекомендуется обратиться к представителям санитарно-эпидемиологической службы (СЭС) и отказаться от потребления этих продуктов до выдачи заключения компетентными органами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое радиоактивность?
2. Какие виды радиоактивного излучения Вы знаете?
3. Как воздействует радиационное излучение на живые организмы?
4. Какими физическими параметрами характеризуется излучение?
5. Какие источники ионизирующего излучения Вы знаете?
6. В чем состоит различие в воздействии на биосферу естественной и техногенной радиации?
7. В каких единицах измеряется радиационное излучение?
8. Какие меры обеспечения радиационной безопасности Вы знаете?

Учебное издание

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Методические указания

Составители: *Морозов Владимир Васильевич*
Несоленов Геннадий Федорович,
Свидерский Олег Алексеевич

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П.Королева
443086 Самара, Московское шоссе, 34
