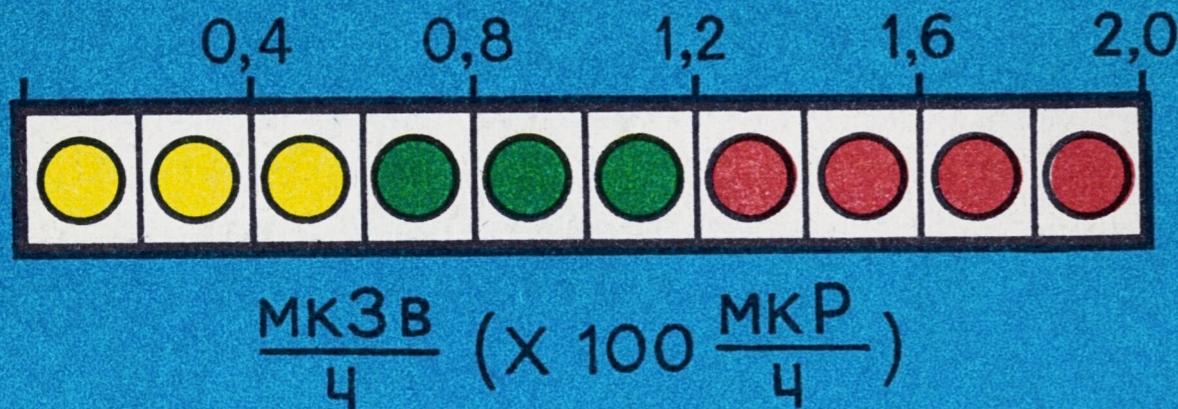
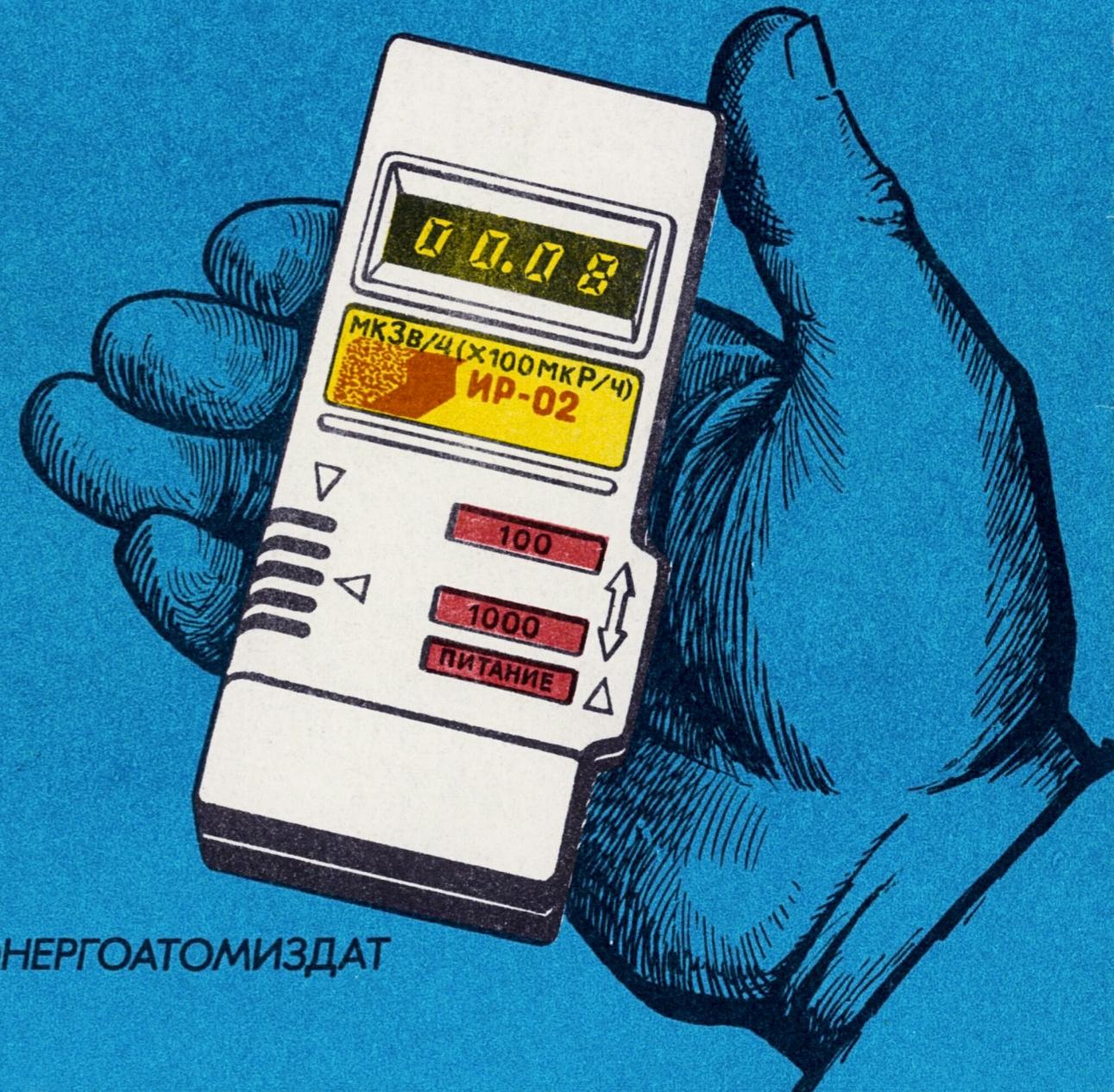
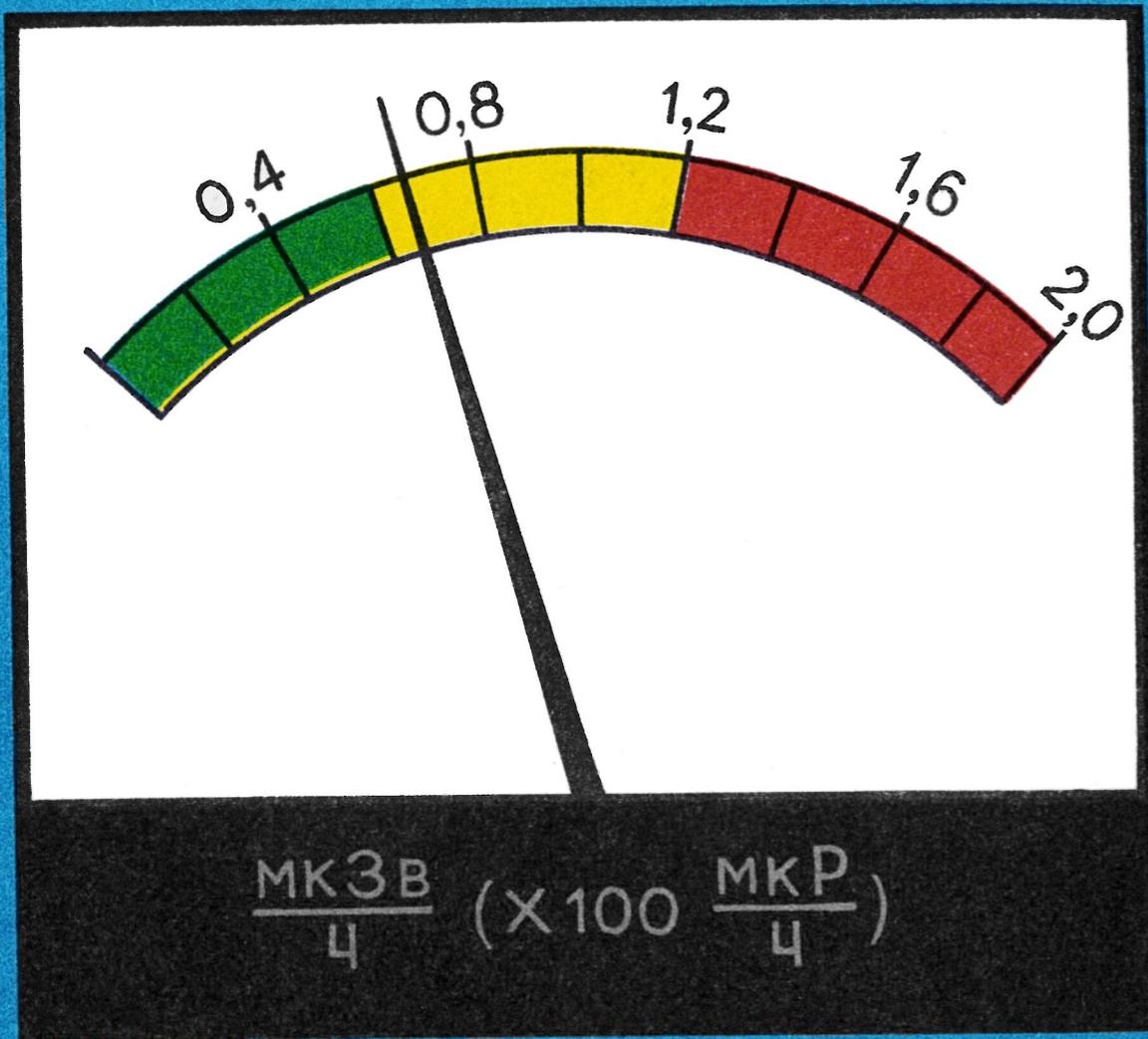


ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ для населения



Б.В. Поленов

**ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ
ПРИБОРЫ
для населения**



МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
1991

Рецензент Д. Рау

Поленов Б.В.

П49 Дозиметрические приборы для населения. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 64 с.
ISBN 5-283-03128-4

Рассмотрены основные нормативные документы, регламентирующие уровни облучения населения, реальные значения полей ионизирующих излучений и доз, с которыми сталкивается население, положения концепции системы радиационного контроля, осуществляемого населением.

Описаны характеристики средств дозиметрического контроля для персонала и населения. Приведен перечень мероприятий, которые необходимо провести в связи с продажей бытовых дозиметрических приборов населению.

Для специалистов, работающих в области применения ионизирующих излучений, а также для широкого круга населения.

4105060000-321
П 051(01)-91 КБ без объявления

ББК 31.42

ISBN 5-283-03128-4

© Автор, 1991

ВВЕДЕНИЕ

После аварии на Чернобыльской АЭС остро возник вопрос о необходимости свободной продажи населению дозиметрических приборов для индивидуального пользования, особенно в районах подвергшихся радиоактивному загрязнению. Определенная часть населения стала больше внимания уделять среде обитания, информации об экологической, в том числе и радиационной, обстановке, проявлять интерес к возможности получения или приобретения через торговую сеть дозиметров, ранее считавшихся ненужными или редкоприменяемыми. В некоторых городах по радио и в местных газетах стали регулярно передавать и публиковать информацию о радиационной обстановке.

Большое число действующих и строящихся АЭС, а, главное, аварии, происшедшие в последнее время на них, например, на АЭС "Уиндскейл" (Великобритания), "Три Майл Айленд" (США), Чернобыльская, и авария под Челябинском (СССР), а также самолетов, атомных подводных лодок, установок с ракетами, имеющими ядерные боеголовки, сложная экологическая обстановка в районе ядерных полигонов, потери радиоактивных источников (например инцидент в Бразилии), захоронение отходов, возможные аварии при транспортировке радиоактивных материалов и отходов — все это, плюс ограниченная гласность вызывает у части населения психологическую напряженность (стресс), чувство боязни даже незначительных уровней радиации — радиофобию.

В связи с этим в короткие сроки были проведены организационно-технические мероприятия, позволившие создать основные нормативные документы, а также разработать и освоить в серийном производстве гамму первых бытовых дозиметрических приборов, которые в 1990 г. поступили в широкую продажу населению.

В свете выполнения Постановления Верховного Совета СССР от 25 апреля 1990 г. в 1990 г. предстоит разработать единую долгосрочную государственную союзно-республиканскую программу по защите населения СССР от воздействия последствий чернобыльской катастрофы. В основу программы будет положена гуманная концепция безопасного проживания людей, предусматривающая создание единой системы радиоэкологической информации, доступной для всех слоев населения, с широким представлением данных радиационного загрязнения, здравоохранения и экологической статистики. Для выполнения этой программы в 1990 г. будет завершено формирование научно обос-

нованных критериев безопасного проживания людей с учетом беспороговой концепции и других современных представлений, разработана специальная программа "Дети Чернобыля", а в 1991 г. будет завершено составление сводных радиоэкологических карт для всей загрязненной радионуклидами территории. Кроме того, будет усилен государственный контроль за содержанием радионуклидов в продуктах сельского хозяйства в зонах, подвергшихся радиоактивному загрязнению и т.д. Предполагается участие в программе международных организаций НКДАР ООН, ВОЗ, МАГАТЭ и отдельных стран.

27 апреля 1990 г. подписано соглашение о создании под эгидой ВОЗ Международной программы по мониторингу и сведению к минимуму медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС и созданию Международного центра по радиационно-медицинским проблемам в Обнинске.

Автор выражает благодарность К.И. Гордееву, Л.А. Ильину, И.Б. Кеирим-Маркусу, В.В. Матвееву, М.Г. Мительману, В.И. Петрову, Н.В. Рябову, К.Н. Стасю, с которыми обсуждались рассмотренные в книге вопросы, а также И.В. Байкаловой, В.А. Лисуренко, Л.В. Федорченко и другим коллегам за предоставление материалов, использованных в данной книге.

Основные понятия и термины в области дозиметрии ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение — излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в этом веществе ионов разного знака. Ионизирующее излучение состоит из заряженных и незаряженных частиц, к которым относят также и фотоны.

Энергию ионизирующего излучения измеряют во внесистемных единицах электрон-вольтах (эВ). $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ джоуль (Дж). Используют кратные единицы: килоэлектрон-вольт (кэВ), $1 \text{ кэВ} = 1 \cdot 10^3$ эВ; мегаэлектрон-вольт (МэВ), $1 \text{ МэВ} = 1 \cdot 10^6$ эВ. Ультрафиолетовое излучение и видимый свет не относят к ионизирующим излучениям.

Источник ионизирующего излучения — устройство или радиоактивное вещество, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

Гамма-излучение — фотонное ((электромагнитное) косвенно ионизирующее излучение, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц. Обладает высокой проникающей способностью (средний пробег фотонов в воздухе составляет около ста метров, а в биологической ткани до 10–15 см). Представляет основную опасность как источник внешнего облучения.

Рентгеновское излучение — совокупность тормозного и характеристического фотонного излучения, генерируемого рентгеновскими аппаратами.

Тормозное излучение — фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при изменении скорости заряженных частиц. Возникает в рентгеновской трубке, ускорителе электронов, в среде, окружающей источник бета-излучения.

Бета-излучение — электронное (и позитронное) ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях. Характеризуется граничной энергией спектра $E_{\beta \text{ макс}}$. Бета-частицы обладают малым пробегом (несколько метров в воздухе и несколько сантиметров в биологической ткани). Бета-частицы с энергией от 0,1 до 2 МэВ опасны при их воздействии на кожу, слизистую оболочку глаз, попадании их в легкие и желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). Бета-частицы с энергией более 2 МэВ опасны для хрусталика глаза.

Альфа-излучение — ионизирующее излучение, состоящее из альфа-частиц (ядер гелия), испускаемых при ядерных превращениях. Аль-

фа-частицы обладают очень малым пробегом (не более нескольких сантиметров в воздухе и не более 0,1 мм в биологической ткани). Альфа-излучатели опасны при загрязнении ими кожи и слизистой оболочки глаз, попадании их в легкие и желудочно-кишечный тракт.

Нейтроны — незаряженные частицы, возникающие в ядерных реакциях. По энергии выделяют три основные группы нейтронов: тепловые, промежуточные и быстрые. Средний пробег тепловых нейтронов составляет около 10–20 м в воздухе и около 2,8 см в биологической ткани и быстрых нейтронов — около 110–130 м в воздухе и около 10 см в биологической ткани.

Поток частиц — отношение числа частиц, проникающих через данную поверхность за интервал времени, к этому интервалу. Поток измеряют, например, в единицах част./с.

Плотность потока частиц — отношение числа частиц, проникающих в элементарную сферу за интервал времени, к площади центрального сечения этой сферы и к этому интервалу времени. Плотность потока измеряют, например, в единицах част./ $(\text{с}\cdot\text{см}^2)$.

Радионуклид — радиоактивные атомы с данным массовым числом и атомным номером, а для изомерных атомов — и с данным определенным энергетическим состоянием атомного ядра. Радионуклиды элемента называют его изотопами.

Период полураспада радионуклида $T_{1/2}$ — время, в течение которого число ядер данного радионуклида в результате самопроизвольных ядерных превращений уменьшается в 2 раза.

Изотоп радиоактивный — радионуклид данного элемента, например радиоактивный изотоп йода — йод-131, радиоактивный изотоп кобальта — кобальт-60.

Активность А радионуклида в источнике — мера радиоактивности. Равна отношению числа самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за малый интервал времени к этому интервалу времени. Единица активности — беккерель, Бк. 1 Бк равен 1 ядерному превращению (распаду) за 1 секунду или 0,027 нКи. Кюри, Ки, 1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк. Нанокюри, нКи, 1 нКи = $1 \cdot 10^{-9}$ Ки = 37 Бк. На практике используют удельную активность (Бк/кг или Ки/кг), а также объемную активность (Бк/л или Ки/л). Активность иногда относят и к площади (например, Бк/км², Ки/км²).

Внешнее облучение — облучение тела от находящихся вне его источников ионизирующего излучения.

Внутреннее облучение — облучение тела от находящихся внутри него источников ионизирующего излучения.

Поглощенная доза Д — основная дозиметрическая величина. Равна отношению средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме. Единица поглощенной дозы — грей, Гр. 1 Гр = 100 рад, 1 рад = 0,01 Дж/кг. 1 Дж равен 0,239 калории или $6,25 \cdot 10^{18}$ электрон-вольт,

или $1 \cdot 10^5$ эрг. Грей является мерой количества энергии излучения, поглощенной веществом любого типа.

Эквивалентная доза Н — основная дозиметрическая величина в области радиационной безопасности, введенная для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия ионизирующего излучения произвольного состава при значении эквивалентной дозы за календарный год не более 5 предельно допустимых доз (ПДД), т.е. не превышающего 250 мЗв в год. Эквивалентная доза равна произведению поглощенной дозы на средний коэффициент качества \bar{k} ионизирующего излучения в данном элементе объема биологической ткани. Единица эквивалентной дозы — зиверт, Зв. 1 Зв = 100 бэр. Бэр — внесистемная единица эквивалентной дозы (биологический эквивалент рада). 1 бэр = 1 рад $\cdot \bar{k}$ = 0,01 Дж/кг. 1 мЗв = $1 \cdot 10^{-3}$ Зв, 1 мкЗв = 1×10^{-6} Зв. При определении эквивалентной дозы принимается следующий состав мягкой биологической ткани: 10,1 % водорода, 11,1 % углерода, 2,6 % азота, 76,2 % кислорода (по массе).

Коэффициент качества \bar{k} — коэффициент для учета биологической эффективности разных видов ионизирующего излучения при определении эквивалентной дозы. При определении эквивалентной дозы ионизирующего излучения с неизвестным энергетическим составом следует использовать следующие средние значения коэффициента качества: рентгеновское и гамма-излучения, $\bar{k} \geq 1$; электроны, позитроны и бета-излучение, $\bar{k} = 1$; альфа-излучение с энергией меньше 10 МэВ, $\bar{k} = 20$; нейтроны с энергией 0,1–10 МэВ, $\bar{k} = 10$; нейтроны с энергией меньше 20 кэВ, $\bar{k} = 3$.

Эффективная эквивалентная доза (ЭЭД) H_E — сумма произведений дозы, полученной каждым органом H_T , на соответствующий весовой (взвешивающий) коэффициент W_T , учитывающий различную чувствительность органов к излучению. ЭЭД обеспечивает сравнимость и приведение неравномерного облучения тела к такой же оценке его последствий, как и при равномерном облучении:
$$H_E = \sum_{i=1}^T H_T W_T.$$

Эта величина также измеряется в Зв (зиверт). Массовые коэффициенты составляют: для гонад (половых желез) — 0,25, для молочной железы — 0,15, для красного костного мозга — 0,12, для легких — 0,12, для щитовидной железы — 0,03, для костной поверхности — 0,03 и для остальных органов и тканей организма — 0,3. $\sum W_T = 1$.

Например, доза облучения легких в 1 мЗв (100 мбэр) соответствует ЭЭД = 0,12 мЗв (12 мбэр), т.е. показывает, что при равномерном облучении всего тела дозой 0,12 мЗв вероятность риска от облучения такая же, что и при облучении дозой 1 мЗв только легких.

Коллективная эффективная эквивалентная доза — эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации. Измеряется в человеко-зивертах (чел.Зв).

Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения X — отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, созданных в воздухе, когда все отрицательные и положительные электроны (позитроны), освобожденные фотонами в элементарном объеме воздуха, полностью остановились в воздухе, к массе воздуха в указанном объеме. Единица измерения — кулон на килограмм, Кл/кг. Используют внесистемную единицу измерения — рентген, Р. $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$, $1 \text{ мР} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Р}$, $1 \text{ мкР} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Р}$, $1 \text{ Р} = 0,88 \text{ рад}$.

Персонал, профессиональные работники — категория А облучаемых лиц — лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений. Лица моложе 18 лет к работе с источниками ионизирующего излучения не допускаются.

Ограниченная часть населения — категория Б облучаемых лиц — лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения, применяемых в учреждении и (или) удаляемых во внешнюю среду. Уровень облучения лиц категории Б определяется по критической группе.

Население — категория В облучаемых лиц — население страны, республики, края или области.

Предельно допустимая доза ПДД — основной дозовый предел для категории А облучаемых лиц — 50 мЗв (5 бэр). ПДД — такое наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение за 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. ПДД не включают в себя дозы естественного фона и медицинского облучения.

Предел дозы ПД — основной дозовый предел для категории Б облучаемых лиц. ПД — такое наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. Предел дозы контролируется по мощности эквивалентной дозы внешнего излучения на территории и в помещениях и по уровню радиоактивных выбросов и радиоактивного загрязнения объектов внешней среды.

Мощность эквивалентной дозы (МЭД) \dot{H} — отношение приращения эквивалентной дозы за интервал времени к этому интервалу времени. Единица мощности эквивалентной дозы — зиверт в секунду, Зв/с, $1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ бэр/с}$. Используют производные единицы мкЗв/ч, мЗв/ч. При измерениях используют также мощность поглощенной и экспозиционной дозы.

Допустимая мощность дозы ДМД — допустимый уровень усредненной за год мощности эквивалентной дозы. Численно равна отношению

предельно допустимой дозы ПДД ко времени облучения в течение календарного года.

Для лиц категории А $t_A = 1700 \text{ ч}$, для лиц категории Б стандартное значение в учреждении и в санитарно-защитной зоне $t_B = 2000 \text{ ч}$ и в зоне наблюдения $t_B = 8800 \text{ ч}$.

Максимальная эквивалентная доза МЭД, H_M — наибольшее значение суммарной эквивалентной дозы в критическом органе (теле) от всех источников внешнего и внутреннего облучения. Значение МЭД регламентируется основными дозовыми пределами.

Естественный фон излучения — эквивалентная доза ионизирующего излучения, создаваемая космическим излучением и излучением естественно распределенных природных радионуклидов в поверхностных слоях Земли, приземной атмосфере, продуктах питания, воде и организме человека.

Техногенный фон излучения — естественный фон излучения, измененный в результате деятельности людей.

Критический орган — ткань, орган или часть тела, облучение которого в данных условиях неравномерного облучения организма может причинить наибольший ущерб здоровью данного лица или его потомства. В порядке убывания радиочувствительности критические органы относят к I, II и III группам, для которых устанавливают разные значения основных дозовых пределов: I группа — все тело, гонады и красный костный мозг; II группа — мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, за исключением тех, которые относятся к I и III группам; III группа — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего для категории Б и I группы критических органов — 5 мЗв (0,5 бэр) за календарный год, для II группы — 15 мЗв (1,5 бэр) и для III группы — 30 мЗв (3 бэр) за календарный год.

При относительно равномерном облучении организма ущерб здоровью рассматривают по уровню облучения всего тела, что соответствует I группе критических органов.

Допустимое радиоактивное загрязнение поверхности. Устанавливается на уровне, не допускающем внешнего и внутреннего облучения людей за счет радиоактивного загрязнения выше предельно допустимой дозы ПДД (или предела дозы ПД), а также предупреждающем загрязнение помещений и территории вследствие разноса радиоактивных веществ.

Радиационный контроль — контроль за соблюдением норм радиационной безопасности и основных санитарных правил, а также получение информации об уровнях облучения людей и о радиационной обстановке в учреждении и в окружающей среде. Осуществляется службой радиационной безопасности учреждения или специально выделен-

ным должностным лицом, а также соответствующими ведомственными службами с применением приборов и методик радиационного контроля и расчетных методов.

Санитарно-защитная зона — территория вокруг учреждения или источника радиоактивного выброса или сброса, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации учреждения может превысить предел дозы ПД. В санитарно-защитной зоне устанавливается режим ограничений и проводится радиационный контроль.

Детектор — чувствительный элемент прибора, обеспечивающий преобразование энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для регистрации (электрический ток, заряд, электрические импульсы). Среднее число импульсов с детектора примерно пропорционально дозе, а средняя частота — мощности дозы. Данное свойство используют для измерения или индикации этих величин. При постоянной дозе или мощности и многократных измерениях в равных условиях число зарегистрированных импульсов или значения измеряемой частоты импульсов не совпадают между собой из-за статистической природы явления.

Доза или мощность дозы близки к истинному значению, если их определяют как среднее арифметическое по нескольким измерениям.

Газоразрядный счетчик — газонаполненный ионизационный детектор, имеющий коэффициент газового усиления больше единицы, в котором акты ионизации приводят к появлению на выходе электрических импульсов.

Индикатор (индикаторный прибор) — прибор для ориентировочной оценки величины либо изменения ее значения по изменению сигнала, например, светового или звукового.

Дозиметр (дозиметрический прибор) — прибор, в основном предназначенный для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения.

Радиометр (радиометрический прибор) — прибор, в основном предназначенный для измерения активности нуклида или плотности потока частиц.

Погрешность измерения — характеристика измерительного прибора, отражающая различие между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины. Относительная погрешность измерения определяется из соотношения:

$$I (\%) = \frac{H_i - H_0}{H_0} \cdot 100,$$

где H_0 — истинное, а H_i — измеренное значение дозы (мощности дозы).

Основные нормативные требования по радиационной безопасности населения

В настоящее время в стране действуют "Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87"* . Они представляют собой санитарно-гигиенические нормативы, регламентирующие радиационную безопасность человека.

Основной величиной (мерой), определяющей уровень радиационного воздействия (биологического повреждения) при хроническом облучении человека в малых дозах, т.е. не способного вызвать лучевую болезнь, является эквивалентная доза.

Международной комиссией по радиационным единицам (МКРЕ) предложено использовать для измерения следующие величины эквивалентной дозы. Для мониторинга окружающей среды (инспекционной дозиметрии) используют ambientную (окружающую со всех сторон) эквивалентную дозу $H^*(d)$ или $H^*(10)$ для сильно проникающей радиации, характеризующую радиационное поле внутри объема, который может быть занят человеком. Для слабо проникающей радиации предложена направленная эквивалентная доза $H'(d)$ или $H'(0,07)$, характеризующая дозу в чувствительном слое незащищенного участка кожи. Для индивидуальной дозиметрии предложены к использованию эквивалентные дозы — проникающая $H_p(d)$ или $H_p(10)$ для глубоко расположенных органов и поверхностная $H_s(d)$ или $H_s(0,07)$, обеспечивающая оценку эквивалентной дозы на облученную кожу вблизи дозиметра.

Указанные эквивалентные дозы определяются в точке радиационного поля на глубине d , равной 10 и 0,07 мм в сфере МКРЕ (шаре диаметром 30 см, плотностью 1 г/см³ и составом массы, близким составу мягкой биологической ткани). Значение $d = 10$ мм соответствует наименьшей глубине расположения критических органов (красный костный мозг, гонады, молочные железы) в организме человека, локализации максимальной дозовой нагрузки в условиях длительного разнонаправленного облучения на территории при перемещении. Размеры и форма сферы МКРЕ близки к размерам и форме торса человека. Кроме того, как показал опыт ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, толщина 1 г/см² позволяет уменьшить влияние на результаты измерения сопутствующего в ряде случаев бета-излучения. Предполагается, что индивидуальные дозиметры носят в нагрудном кармане и их показания учитывают отражение и накопление излучения в теле человека.

* Сейчас разрабатываются новые "Нормы и правила радиационной безопасности НРБ-90".

МКРЕ также рекомендует к использованию эффективную эквивалентную дозу H_E . Эта величина является показателем риска от облучения для полученного облучения индивидуума.

Советские специалисты в качестве величины, характеризующей поле ионизирующего излучения, предлагают к использованию полевую эквивалентную дозу: эквивалентную дозу в центре шара радиусом 1 см из тканезквивалентного вещества, плотностью 1 г/см^3 , совмещенного с точкой поля ионизирующего излучения, в которой определяется доза. Для оценки степени радиационной безопасности используют максимальную эквивалентную дозу. По сравнению с полевой дозой амбиентная доза более адекватно учитывает влияние накопления излучения в теле человека, но труднее воспроизводится.

НРБ-76/87 для населения категории Б при условии облучения всего тела дозовый предел суммарного внешнего и внутреннего облучения за календарный год установлен 5 мЗв ($0,5 \text{ бэр}$)*, оцениваемый путем контроля радиационной обстановки по месту работы и проживания. Этот уровень выбран в соответствии с концепцией безопасного проживания, принятой Минздравом СССР, по которой предел индивидуальной дозы облучения человека за весь период жизни (70 лет) составляет $0,35 \text{ Зв}$ (35 бэр).

Дозовые пределы, устанавливаемые НРБ-76/87, не включают:

дозу, получаемую пациентом при медицинском обследовании и лечении;

дозу, обусловленную естественным фоном излучения.

Значение допустимой мощности дозы внешнего ионизирующего излучения для условий облучения всего тела при нахождении лиц категории Б в служебных помещениях, на территории учреждения и в пределах санитарно-защитной зоны (стандартное время пребывания в данных условиях 2000 ч в год) не должно превышать $2,4 \text{ мкЗв/ч}$ (240 мкбэр/ч), а при нахождении в жилых помещениях и на территории в пределах зоны наблюдения (стандартное время пребывания в данных условиях принимается равным 8800 ч в год) не должно превышать $0,6 \text{ мкЗв/ч}$ (60 мкбэр/ч).

НРБ-76/87 для населения категории Б определены также предельные значения допустимых уровней годового поступления в организм радионуклидов (ПДП) через органы дыхания и пищеварения, концентрации радионуклидов в атмосферном воздухе и воде.

Ограничение облучения населения категории В осуществляется регламентацией или контролем радиоактивности объектов окружающей среды (воды, воздуха, пищевых продуктов и т.п.), технологических процессов, которые могут привести к их загрязнению радионуклида-

* Для удобства восприятия далее приведены значения дозы в единицах зиверт и бэр.ряде мест вместо системных величин и единиц приведены величины и единицы, использованные в публикациях и документации на приборы.

ми, доз от медицинского облучения и радиационного фона, а также дозовыми пределами для населения категории Б. Контрольный уровень, ограничивающий дозы населения категории В за счет АЭС, установлен $0,25 \text{ мЗв/год}$ (25 мбэр/год).

В случае возникновения аварии должны быть приняты все практические меры для сведения к минимуму облучения, радиоактивного загрязнения и вредного воздействия их на здоровье населения. При принятии последующих мер, исходя из масштаба и характера аварии, Минздравом СССР в соответствии с международным регламентом для населения районов, подвергшихся радиационному воздействию, могут устанавливаться временные основные дозовые пределы и допустимые уровни.

Для гамма-излучения имеет место зависимость коэффициента качества k излучения от энергии фотонов. Он равен 1 при энергии фотонов более 1 МэВ и увеличивается до 2,6 при уменьшении энергии фотонов до 5 кэВ . При равномерном облучении человека со всех сторон вводится коэффициент изотропности, учитывающий самоэкранирование. Однако поскольку в практических случаях угловое распределение излучения неизвестно, коэффициент изотропности для фотонного излучения принимается равным единице.

Основной целью проведения индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) населения на государственном уровне является получение наряду с санэпидемслужбой (СЭС) Минздрава СССР и службами радиационной безопасности предприятий, организаций и т.п. дополнительной информации о радиационной обстановке и возможных дозах облучения за определенный период времени. Контроль позволяет также своевременно выявить и установить наличие источника повышения уровня облучения и предупредить возможность облучения.

Анализ риска и оптимизации радиационной безопасности с учетом принятия концепции Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) о беспороговой линейной зависимости доза-эффект, заключающейся в том, что даже при самой малой дозе облучения последствия теоретически возможны, позволил обосновать цену риска α , являющуюся одновременно и ценой человека-бэра. Вместе с тем значения α установлены в условиях большой неопределенности и составляют $(10 \div 1000) \text{ долл./чел.-бэр}$ по зарубежным данным и $(7 \div 200) \text{ руб./чел.-бэр}$ [$(700 - 20\,000) \text{ руб./чел.-Зв}$] по оценке советских специалистов.

В настоящее время Национальная комиссия по радиационной защите (НКРЗ) приняла решение об установлении допустимых уровней мощности дозы внешнего излучения внутри зданий. Мощность дозы внешнего излучения внутри построенных и эксплуатируемых зданий не должна превышать мощности дозы на открытой местности более чем на 30 мкбэр/ч . При превышении мощности дозы в жилых помещениях над фоном открытой местности более чем на 30 мкбэр/ч

должны проводиться мероприятия по снижению уровня гамма-фона до указанной разности. Если невозможно уменьшить мощность дозы внешнего излучения до уровня менее 60 мкбэр/ч над гамма-фоном открытой местности, то необходимо решить вопрос о переселении жильцов и о перепрофилировании зданий.

Уровни облучения человека в нормальных условиях и условиях, связанных с аварией на Чернобыльской АЭС

Указать уровни облучения населения категории Б, которое не работает непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но проживает на территории, прилегающей к ядерно или радиационно опасным объектам и может подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения, применяемых в них или выделяемых во внешнюю среду, для нормальной обстановки достаточно трудно. Они зависят от совершенства средств радиационной защиты на АЭС, исследовательских реакторах, ускорителях, медицинских и промышленных облучательных установках, станциях для хранения и захоронения радиоактивных материалов, испытательных ядерных полигонах, экологической чистоты технологий предприятий атомной промышленности и т.п.

Население подвергается облучению от малоинтенсивных естественных и техногенных фоновых источников излучения (последние являются результатом антропогенной деятельности). Человек подвергается внешнему и внутреннему облучениям. Облучение от некоторых источников ионизирующего излучения, которому человек подвергается в естественных условиях в течение нескольких тысячелетий, исключить невозможно.

На открытой местности на уровне моря и для средних широт среднегодовая эффективная эквивалентная доза (ЭЭД), обусловленная внешним космическим излучением, составляет около 0,37 мЗв (37 мбэр). ЭЭД от внешних бета- и гамма-источников облучения земного происхождения (в основном естественного радионуклида калий-40 — бета- и гамма-излучатели с максимальной энергией бета-частиц 1,3 МэВ и гамма-квантов с энергией 1,46 МэВ и радионуклидов урана, тория и дочерних продуктов их распада, особенно радия, излучающих набор линий гамма-квантов с энергией от 0,09 до 2,62 МэВ), содержащихся в земной коре, составляет около 0,3 мЗв (30 мбэр). Среднегодовая эффективная эквивалентная доза от внутренних бета-, гамма- и альфа-источников облучения естественного происхождения, находящихся в теле человека (в основном радионуклид калий-40, присутствующий в мышечной ткани) и поступающих в организм с воздухом, водой и пищей (в основном радионуклид калий-40 и в меньшей степени — изотопы уранового и ториевого рядов), составляет около 0,4 мЗв (40 мбэр).

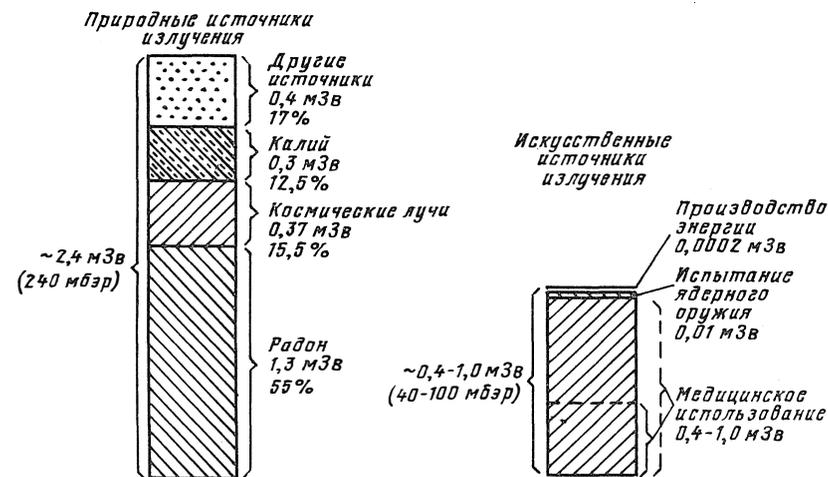


Рис. 1. Средние значения эффективных эквивалентных доз облучения, получаемых ежегодно отдельным лицом от природных источников излучения в районах с нормальным фоном и от искусственных источников излучения (по данным Международного Агентства по атомной энергии — МАГАТЭ)

Наиболее значительными источниками облучения являются радон-222 и радон-220, представляющие собой короткоживущие газообразные продукты распада природного урана-238 и тория-232. Радон (в основном радон-222) и дочерние продукты его радиоактивного распада (альфа-излучатели с энергией альфа-частиц около 5,5 МэВ), вдыхаемые с воздухом, подвергают радиационному воздействию в большей степени за счет альфа-излучения, клетки и ткани дыхательного тракта (рис. 1). Основную часть ЭЭД от радона [1,3 мЗв (130 мбэр)] человек получает, находясь в закрытом, непроветриваемом помещении. Радон проникает из грунта через фундамент и пол или выделяется строительными материалами минерального происхождения (гранитом, глиноземом, фосфогипсом, кальций-силикатным шлаком, кирпичом из красной глины, отходами урановых рудников, используемыми в строительстве). Опасность представляют попадание паров воды (вода из скважин) с высоким содержанием радона в легкие вместе с вдыхаемым воздухом, например в ванной комнате, а также повышенная концентрация радона в кухне от плиты или в помещении с нагревательным элементом на природном газе. Другие источники внутреннего облучения (торон и продукты его распада, а также рубидий) вносят меньший вклад во внутреннее облучение за счет вдыхания с воздухом.

Таким образом, средняя эффективная эквивалентная доза, которую человек получает ежегодно от естественных источников излучения различных видов, составляет примерно 2,4 мЗв (240 мбэр), а за 70 лет

жизни "среднего" человека будет равна примерно 0,17 Зв (17 бэр). Ранее среднее значение годовой ЭЭД принималось равным 2 мЗв.

Как видно из рис. 1, средняя эффективная эквивалентная доза внутреннего облучения примерно в 2,5 раза больше дозы внешнего облучения. Коллективная ЭЭД с учетом того, что население СССР составляет около 280 млн. человек, оценивается в $6,7 \cdot 10^5$ чел·Зв ($6,7 \times 10^7$ чел·бэр).

Значения естественного радиационного фона (мощности эквивалентной дозы) колеблются в зависимости от местности или района города и в основном составляют 0,05–0,2 мкЗв/ч (5–20 мкбэр/ч). В аномальных местах, где близко к поверхности подходят гранитные массивы, грунты или водные источники, содержащие повышенные концентрации естественных радионуклидов, вблизи домов, облицованных гранитом, достигает 0,4 мкЗв/ч (40 мкбэр/ч) и более высоких уровней. Кроме того, население Земли, проживающее в высоких широтах, ежегодно получает примерно в 2 раза большие дозы, чем население экваториальных областей, а население высокогорных районов – в 5–10 большие дозы, чем население, проживающее на территориях, находящихся на уровне моря. Однако Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) не имеет данных о влиянии повышенного естественного фона на смертность и здоровье людей.

Пребывание в помещении приводит к ослаблению уровня внешнего облучения. Коэффициент ослабления (экранирования) для каменных домов равен 10, а для деревянных – 2.

С другой стороны, здания увеличивают дозы облучения за счет радионуклидов, находящихся в строительных материалах, из которых они построены. Например, в кирпичных, каменных и панельных домах мощность дозы в 2–3 раза больше, чем в деревянных.

Однако человек не постоянно находится в помещениях. Обычно считают, что человек 80% времени находится в помещении и 20% вне его. На открытой местности и в сельских условиях, где пока еще преобладают деревянные дома, и в городских условиях, где в основном дома каменные, экранирование домами и другими зданиями различно. Поэтому коэффициент ослабления с учетом экранирования принимают равным 4 для городского населения и оставляют неизменным и равным 2 для сельского.

Внешний радиационный фон может быть увеличен в результате научно-технической деятельности человека. Это техногенный фон от ядерных испытаний, ядерных взрывов народнохозяйственного значения, широкого применения источников ионизирующих излучений в народном хозяйстве, медицине и постепенного загрязнения радионуклидами земли, воды, воздушной среды, растительности, предметов, металла, строительных и других материалов. Радиационный фон повышается за счет накопления золы и шлаков от ТЭЦ и печей, выбрасывания в окружающую среду радионуклидов с отходами атомной, горнодобы-

вающей, нефтяной и газовой промышленности, увеличения запасов калийных удобрений и т.д.

Радиационный уровень, соответствующий естественному фону 0,1–0,2 мкЗв/ч, признано считать нормальным, уровень 0,2–0,6 мкЗв/ч считается допустимым, а уровень свыше 0,6–1,2 мкЗв/ч с учетом коэффициента экранирования считается повышенным.

В процессе жизни (во время отдыха, перелетов на самолетах, при медицинской диагностике и терапии, космических полетах в составе экипажа пассажиров, не являющихся космонавтами, например научных работников или технических специалистов, журналистов, корреспондентов и репортеров газет, журналов, радио, кино и телевидения, учителей или преподавателей, артистов и др.) отдельные лица подвергаются или могут подвергаться дополнительному облучению. Значения эффективной эквивалентной дозы для различных видов возможного облучения приведены в табл. 1.

Вклад в годовую эффективную эквивалентную дозу облучения радиоактивных выпадений в результате испытаний ядерного оружия не превышает 1%, от атомной энергетики – менее 0,1% естественного фонового облучения (см. рис. 1).

Годовые дозы медицинского облучения в разных странах зависят от уровня развития в них здравоохранения. В СССР на 1000 человек приходится в среднем около 958 рентгенологических исследований. Эффективная эквивалентная доза от всех видов таких исследований в среднем на одного человека составляет 1,5 мЗв/год (150 мбэр/год), что несколько больше среднемирового показателя.

Интенсивность радиационного риска для естественного радиационного фона или за счет медицинских рентгеновских процедур составляет около $2 \cdot 10^{-5}$ в год, что соответствует смерти двух человек на 1 год действия источника на каждые 100 тыс. населения. Поэтому во всех случаях принимаются или должны быть приняты меры по ограничению облучения населения снижением дозы у отдельных лиц, подвергающихся облучению. В частности, это касается ограничения облучения при проживании на загрязненной местности, при медицинских рентгенологических исследованиях населения, особенно беременных женщин (особенно на ранних стадиях беременности во время закладки органов и систем плода, т.е. на 7–15-й неделе беременности), детей и подростков. Причем следует учитывать, что чем моложе организм, тем при прочих равных условиях он более чувствителен к воздействию радиации. При неизбежности облучения должно выполняться требование поддерживать дозу "так низко, как это разумно достижимо" (в большинстве случаев значительно ниже дозовых пределов) с учетом экономических и социальных факторов при ограничении, что ни одно лицо не будет подвергаться чрезмерному риску. Это основная предпосылка в рекомендациях МКРЗ.

Т а б л и ц а 1. Эффективные эквивалентные дозы облучения от различных естественных и техногенных источников излучения

Вид облучения	Эффективная эквивалентная доза (облучение всего тела)
Просмотр кинофильма или хоккейного матча по цветному телевизору на расстоянии от экрана около 2 м	~ 0,01 мкЗв (~ 1 мкбэр)
Ежедневный в течение года трехчасовой просмотр цветных телепрограмм	5–7 мкЗв (0,5–0,7 мбэр)
Облучение за год за счет радиоактивных выбросов АЭС в районе расположения станции	0,2–1 мкЗв (0,02–0,1 мбэр)
Облучение за год за счет дымовых выбросов с естественными радионуклидами ТЭС на угле	2–5 мкЗв (0,2–0,5 мбэр)
Полет в течение 1 ч на самолете, летящем со скоростью ниже скорости звука	4–7 мкЗв (0,4–0,7 мбэр)
Полет в течение 1 ч на сверхзвуковом самолете типа "Конкорд" (высота полета 18–20 км)	10–30 мкЗв (1–3 мбэр)
Полет в течение 1 сут на орбитальном космическом корабле (без вспышек на Солнце)	0,18–0,35 мЗв (18–35 мбэр)
Прием радоновой ванны	0,01–1 мЗв (1–100 мбэр)
Флюорография	0,1–0,5 мЗв (0,01–0,05 бэр)
Рентгенография грудной клетки	0,1–1 мЗв (0,01–0,1 бэр)
Рентгеновская маммография	1–2 мЗв (0,1–0,2 бэр)
Рентгеноскопия грудной клетки	2–4 мЗв (0,2–0,4 бэр)
Рентгенография зубов	0,03–3 мЗв (0,003–0,3 бэр)
Рентгеновская томография	5–100 мЗв (0,5–10 бэр)
Рентгенодиагностика при раке легких	~ 0,05 Зв (~ 5 бэр)
Рентгеноскопия желудка, кишечника	0,1–0,25 Зв (10–25 бэр)
Лучевая гамма-терапия после операции	0,2–0,5 Зв (20–50 бэр)

П р и м е ч а н и е. Компьютерная томография позволяет в 5–50 раз уменьшить дозы облучения при обследовании по сравнению с обычным рентгенодиагностическим методом.

Определенную опасность для отдельных лиц представляют приборы со светящимися шкалами, циферблатами (часы и т.п.), светящиеся указатели старого типа, детекторы дыма и т.д., если в них применены радиоактивные изотопы радия-226 или трития-3.

В месте с тем целесообразно знать, что раковые заболевания радиационной природы от всех источников облучения составляют менее 2% общего числа умирающих от всех опухолей. При дозах общего облучения всего тела до 80–100 бэр, полученных за короткий срок (часы, сутки), не возникают существенные изменения в общем состоянии здоровья, каким-либо образом влияющие на нормальное функционирование органов и систем организма, а также на работоспособность человека. Минимальная абсолютная летальная доза около 600 бэр.

Эти значения доз признаны МКРЗ. При промежуточных значениях доз наряду с процессами радиационного поражения в организме протекают и восстановительные процессы, зависящие от функционального состояния и степени поражения организма, а также от временных факторов (длительности, интенсивности, повторяемости и т.д.). Хроническая лучевая болезнь может развиваться при многолетнем облучении всего тела дозами 0,5–1 Зв/год (50–100 бэр/год) и более. Основным количественным критерием внутреннего облучения является годовое поступление, а внешнего — доза, полученная организмом в год (а не мощность дозы в определенный момент). Различий в последствиях от внешнего и внутреннего облучения при равных ЭЭД не наблюдается.

В последнее время МКРЗ и некоторые страны пересматривают санитарные нормы по уровням облучения. Например, в Великобритании на основе новых медико-биологических исследований Национальным управлением радиологической защиты рекомендованы следующие уровни облучения:

для населения предельно допустимая годовая доза облучения от радиоактивных выбросов одной АЭС в наиболее подверженной облучению группе не должна превышать 0,5 мЗв (50 мбэр) по сравнению с 1 мЗв (100 мбэр) в год (не считая дозы от медицинских исследований и естественного фона), рекомендованной МКРЗ в 1985 г.;

для персонала эквивалентная доза не должна превышать 15 мЗв (1,5 бэр) вместо 50 мЗв (5 бэр), также рекомендованной ранее МКРЗ.

Аварии на АЭС "Три Майл Айленд" в 1979 г. и ЧАЭС в 1986 г., инцидент в г. Гояния (Бразилия) в 1988 г., связанный с потерей и рассеянием в окружающей среде цезиевого источника, показали, что контролем радиационной обстановки и дозиметрическими измерениями на длительное время могут быть охвачены значительные территории и большие контингенты населения.

Остановимся на радиационной обстановке до и после аварии на Чернобыльской АЭС по внешнему облучению.

До аварии естественный радиационный фон в регионе ЧАЭС составлял 0,1–0,15 мкЗв/ч (10–15 мкбэр/ч). Доза жителей г. Припяти до эвакуации не превысила 3–4 бэр. Радиоактивный выброс, произошедший в результате аварии, состоял из 20% иода-131 ($T_{1/2} = 8,1$ сут, $E_{\beta_{\max}} = 0,61$ МэВ, $E_{\gamma} = 0,16 \div 0,7$ МэВ), 13% цезия-137 ($T_{1/2} = 27$ лет, $E_{\gamma} = 0,662$ МэВ, $E_{\beta_{\max}} = 0,52$ МэВ), 10% цезия-134 ($T_{1/2} = 2,3$ года, $E_{\beta_{\max}} = 0,66$ МэВ, $E_{\gamma} = 0,8 \div 2$ МэВ), 4% стронция-90 ($T_{1/2} = 28$ лет, $E_{\beta_{\max}} = 2,26$ МэВ) и др. Радиационное воздействие на людей определялось в основном радиоактивным облаком, гамма-излучением загрязненной осадками поверхности земли и растительности, а также радионуклидами, попавшими в органы дыхания и пищеварительную систему.

По данным карты мощности дозы гамма-излучения территории, прилегающей к ЧАЭС, и приведенным к 10.05. 1986 г., были определены

изолинии эвакуации населения (> 5 мбэр/ч), зона отчуждения (20 мбэр/ч) и зона контроля (3–5 мбэр/ч) с временным отселением части населения (беременных женщин и детей).

Из зоны отселения и некоторых участков местности, прилегающих к ней, в первый год были эвакуированы жители 186 населенных пунктов (116 тыс.чел.).

Для населения районов, подвергшихся радиационному воздействию, были установлены аварийные пределы доз общего индивидуального облучения: за первый год до 10 бэр (5 бэр внешнего и 5 бэр внутреннего), за второй – 3 бэр и за третий год – 2,5 бэр. Индивидуальные дозы облучения, включая и внутреннее облучение, полученные к осени 1988 г. большинством жителей, составили в среднем 5,3 бэр. Около 60% ожидаемой коллективной дозы населения страны приходилось на внешнее гамма-облучение людей выпавшими на местность радионуклидами аварийного выброса. Среднегодовая ожидаемая доза облучения населения страны составила около 120 мбэр. Поскольку основным компонентом загрязнения в зоне контроля после проведения комплекса дезактивационных и других работ остались долгоживущие радионуклиды цезия-137 и частично стронция-90, Минздрав СССР в ноябре 1988 г. принял решение об установлении предела пожизненного облучения населения, проживающего на территории, подвергшейся загрязнению радиоактивными веществами в результате аварии на ЧАЭС (от момента аварии до 2060 г.), т.е. фактически "приемлемого риска", 35 бэр.

В связи с установлением указанного предела в качестве безопасного норматива загрязнения местности по цезию-137 придерживались значения 15 Ки/км^2 , а при выполнении дезактивации, медицинском контроле, завозе чистых продуктов и агрометеорологических мероприятий доза 35 бэр обеспечивается на загрязненных территориях и до 40 Ки/км^2 .

Соотношение между уровнем радиоактивного загрязнения местности и уровнем мощности дозы на местности зависит от многих факторов: состава радионуклидов в наземном следе от аварийного выброса и его изменения во времени, выхода гамма-квантов при распаде радионуклидов, энергии гамма-квантов и бета-частиц, эффективности их регистрации детектором, способа обработки почвы, погодных условий (осадков, ветрового переноса почвы) и др. Оно определяется с точностью до коэффициента 2–3. Например, загрязнение местности только цезием-137 на уровне 1 Ки/км^2 соответствует увеличению мощности дозы (она обычно измеряется на высоте 1 м от земли) на 3–10 мкбэр/ч.

За три послеварийных года у 62,1% населения зоны контроля дозы общего облучения оказались в пределах от 1 до 5 бэр, у 33,6% – 5–10 бэр, у 3,1% – 10–15 бэр и у 1,2% населения – от 15 до 17,3 бэр.

В настоящее время радиационный фон на большей части региона составляет 20–30 мкбэр/ч. У 79,4% населения контролируемых районов предел 35 бэр будет выдержан; на территории, где проживает 14,1%

населения, необходимо провести дополнительные мероприятия. Однако у 6,5% населения ожидаемая доза может превысить установленный предел, и поэтому рассматривается вопрос об отселении жителей этих населенных пунктов.

По проведенной оценке суммарные дозы внешнего и внутреннего облучения населения за 50–70 лет после аварии не превысят 20–30% дозы фонового облучения. Следует отметить, что если доза внешнего облучения поддается прогнозу, так как спад уровней радиации происходит по строгой закономерности с учетом радионуклидного состава, то доза внутреннего облучения обусловлена поступлением радионуклидов в организм, которое зависит от многих мероприятий, проводимых после аварии, и ее прогноз весьма сложен.

Положения концепции системы радиационного контроля, осуществляемого населением, и обеспечения его средствами дозиметрического контроля

Анализ произошедших аварий и ситуаций показывает, что в зависимости от радиационной обстановки и плотности проживающего населения число контролируемых лиц гражданского населения в прилегающем районе (например, в пределах 30–100-километровой зоны) и территории, подвергшейся воздействию после аварии, может составлять от нескольких десятков–сот тысяч до десятков миллионов человек.

Обследование после аварии на ЧАЭС больших масс населения привело к выявлению лиц с различными заболеваниями, возникшими еще до аварии. В этот период врачи столкнулись с тем, что некоторые люди связывали с воздействием радиации отклонения в состоянии своего здоровья, на которые до аварии не обращали внимания.

Силу психологической напряженности и поведенческую реакцию во многом определяет возможность контроля ситуации. Если контроль ограничен или потерян, то состояние человека отличается особенно высоким уровнем тревожности, страха, беспомощности и депрессии. В этом причина выраженности радиофобических реакций на радиацию, которую ни обнаружить, ни определить степень ее опасности без специальных приборов нельзя.

Поэтому целесообразно, чтобы население имело возможность самостоятельно оценивать радиационную обстановку в месте проживания или нахождения, включая проверку радиоактивного загрязнения продуктов питания и кормов.

Национальная комиссия по радиационной защите в 1989 г. приняла Концепцию системы радиационного контроля, осуществляемого населением (СРКН). СРКН должна предоставлять возможность:

- измерять индивидуальные дозы от внешнего гамма-излучения;
- оценивать мощность дозы внешнего гамма-излучения;
- контролировать радиоактивное загрязнение продуктов питания и кормов по внешнему гамма-излучению.

Индивидуальный дозиметрический контроль, осуществляемый населением в соответствии с СРКН, является дополнительной составляющей к существующей Государственной системе радиационного контроля. Он предназначен для повседневной информации людей о радиационной обстановке.

Определение индивидуальных доз от внешнего гамма-излучения может осуществляться централизованно с помощью индивидуальных дозиметров, например термолюминесцентных, позволяющих измерять дозы гамма-излучения от 0,5 мЗв (50 мбэр). Считывание показаний с индивидуальных дозиметров, их обмен и официальная выдача полученных значений дозы должны осуществляться Центрами ИДК, создаваемыми при санитарно-эпидемиологических станциях Минздрава СССР.

В качестве основных средств для оценки мощности дозы внешнего гамма-излучения (самоконтроля населения) в СРКН рекомендуется использовать портативные дозиметрические сигнализаторы-индикаторы, обеспечивающие:

оценку мощности дозы внешнего гамма-излучения до значения 0,6 мкЗв/ч (60 мкбэр/ч);

индикацию допустимого уровня мощности дозы внешнего гамма-излучения 0,6 мкЗв/ч (60 мкбэр/ч) и уровня реагирования 1,2 мкЗв/ч (120 мкбэр/ч);

индикацию уровня реагирования, соответствующего радиоактивному загрязнению (например, цезием-137) продуктов питания и кормов 3,7 кБк/кг, л (10^{-7} Ки/кг, л).

Уровень 0,6 мкЗв/ч (60 мкбэр/ч) соответствует допускаемой мощности дозы гамма-излучения, при которой не может быть превышена доза за год 5 мЗв (0,5 бэр). Уровень 1,2 мкЗв/ч (120 мкбэр/ч) с учетом минимального коэффициента экранирования строениями соответствует предельно допустимой дозе за год 5 мЗв (0,5 бэр).

Измерение загрязнения продуктов питания по бета-излучению представляет сложную измерительную задачу, поэтому этот вид контроля пока не рекомендован для широкого использования населением.

Порядок работы с дозиметрическими приборами-индикаторами должен определяться инструкцией, прилагаемой к каждому прибору. Предполагается, что в ней должно быть указано на необходимость сокращения времени пребывания или потребления продуктов при превышении границы уровней реагирования и будет дана рекомендация обращаться в случае необходимости к помощи специалистов СЭС. Возможно, что в этом случае потребуется расширение штатной номенклатуры СЭС.

СРКН не исключает применения других типов дозиметрических приборов, расширяющих возможность радиационного контроля, которые могут использоваться для оперативного контроля учреждениями, организациями и отдельными лицами.

Разработка и принятие к производству дозиметрических приборов для СРКН проводятся в соответствии с действующим порядком и правилами производства товаров народного потребления (по ГОСТ 15.009–89), а их продажа населению осуществляется через ВО "Изотоп" или торговую сеть. Все вопросы обслуживания, в том числе касающиеся Центров ИДК при СЭС, решаются на хозрасчетной основе.

Принято целесообразным разрешать и рекомендовать предприятиям, имеющим дозиметрические службы, организовывать на хозрасчетной основе обслуживание проживающего вблизи данных предприятий населения в рамках задач СРКН и приобретать для этой цели дополнительные дозиметрические приборы.

Население районов, оказавшихся загрязненными радиоактивными выпадениями в результате радиационных аварий, должно в соответствии с решением местных органов власти на основании рекомендаций центров ИДК (СЭС) обеспечиваться дозиметрическими приборами и их бесплатным обслуживанием. В этом случае объем контроля определяется местными органами власти на основании рекомендаций территориальных СЭС.

Кроме того, при крупных авариях организационную и техническую помощь центрам ИДК и органам местной власти должны оказывать формирования гражданской обороны и химические войска МО СССР. Помощь в экстренной раздаче дозиметров населению могут оказать сотрудники местных предприятий, учреждений, школ, отделений милиции, больниц, поликлиник и служащие почтовых отделений. Некоторые из этих учреждений полностью или частично имеют практически круглосуточный режим работы, а их работники знают место проживания почти каждого жителя на закрепленной за ними территории. В местных Советах или отделениях милиции может быть организован, как и в центрах ИДК, круглосуточный контроль радиационной обстановки.

В СРКН целесообразно использовать следующие виды средств ИДК: переносной прибор с ручным вводом индивидуальных дозиметров гамма-излучения в измерительное устройство для обеспечения возможности выборочных измерений индивидуальных доз на местах;

стационарный прибор (установка) с автоматической загрузкой индивидуальных дозиметров гамма-излучения, автоматической обработкой результатов измерений, обеспечивающий автоматизированные массовые измерения индивидуальных доз;

портативные электронные индикаторы и измерители мощности дозы гамма-излучения, обеспечивающие дозиметрический контроль среды обитания населения.

Измерительные устройства первых двух средств ИДК должны обеспечивать возможность записи дозиметрической информации и кода номера носителя в долговременную память и в ЭВМ.

Вид исполнения индивидуального дозиметра — носимая кассета, рассчитанная на применение одного-двух термолюминесцентных или радиофотолюминесцентных детекторов с толщиной покрытия, эквивалентной 1 г/см^2 ткани. Желательно предусмотреть возможность дополнительного обеспечения кассеты кожным детектором.

Переносной вариант измерительного устройства должен быть рассчитан на измерение до 1000 кассет, а стационарный — укомплектован примерно от 1000 до 10 000 кассет. Должна быть также предусмотрена возможность заказа дополнительной партии кассет.

Стоимость кассеты с учетом ее массового распространения и необходимости восполнения в случае потери (по результатам эксперимента по дозиметрическому контролю населения, проведенного Минздравом СССР и БССР в загрязненных районах Белоруссии, случаи потери дозиметров составляют 20–40%) должна составлять от 5 до 10 руб. Стоимость переносного измерительного устройства должна быть не более 3–5 тыс. руб., а стационарных автоматических высокопроизводительных приборов с микроЭВМ — 50–200 тыс. руб. Необходимо отметить, что центры ИДК и аналогичные посты должны быть обеспечены вторыми комплектами дозиметров для обмена на время проведения измерений (обмера) и как минимум вторыми резервными комплектами аппаратуры.

Портативные электронные дозиметрические приборы по стоимости и сложности должны быть рассчитаны на различные слои населения. Стоимость простейших портативных электронных сигнализаторов-индикаторов мощности дозы, по-видимому, должна составлять 25–100 руб., а измерителей мощности дозы не превышать 100–250 руб. При выборе моделей для продажи населению необходимо помнить об увязке основных элементов рыночного механизма: цена, спрос, предложение.

Основные характеристики дозиметрических приборов для населения

Дозиметрические приборы для населения (бытовые дозиметры) являются товаром народного потребления и представляют собой особый класс приборов, предназначенных для оценки населением радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях.

В широкой практике наиболее распространенным видом ионизирующего излучения является внешнее фотонное (рентгеновское и гамма) излучение. Необходимость в контроле бета-частиц и нейтронного излучения возникает реже. Потребности A в контроле этих видов излучений примерно соотносятся как $A_{\gamma} : A_{\beta} : A_n = 100 : 10 : 1$.

Рассмотрение концепции СРКН, различных реально существующих и возможных видов радиационного воздействия на население, анализ сложившейся в результате аварии на ЧАЭС радиационной обстановки

показывает, что диапазон измерения эквивалентных доз дозиметров фотонного излучения может находиться в пределах от 0,1–0,5 мЗв (10–50 мбэр) до 0,3–1,5 Зв (30–150 бэр) при энергии фотонов от 10–50 кэВ до 1,25–3,0 МэВ. Основная погрешность измерений, кроме крайних значений дозы и энергии фотонов, не должна превышать ± 30 –40%. Значения показаний дозиметров не должны изменяться более чем на $\pm 30\%$ за 90 сут хранения.

Диапазон индикации или измерения мощности эквивалентной дозы целесообразно обеспечивать в пределах от 0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкбэр/ч) до 0,1–1 мЗв/ч (10–100 мбэр/ч) при энергии фотонов от 50–100 кэВ до 1,25–3 МэВ и основной погрешности измерений около ± 30 –40%. В приборах должен отсутствовать "обратный ход" (уменьшение показаний) при превышении в 10–100 раз максимального значения мощности дозы.

Для удобства представления информации диапазон измерения может быть разделен на поддиапазоны с автоматическим или ручным переключением шкал, а также обеспечен за счет цифрового отсчета на дисплее или применением логарифмического измерителя средней скорости счета при аналоговом выводе показаний.

Пороги сигнализации и индикации уровней мощности эквивалентной дозы целесообразно устанавливать на допустимом уровне 0,6 мкЗв/ч (60 мкбэр/ч), на уровне реагирования 1,2 мкЗв/ч (120 мкбэр/ч), а также на уровнях, в 10 раз и более превышающих последний для загрязненных в результате аварии районов. Возможно применение дополнительного переключаемого или плавно регулируемого порога сигнализации в приборе. Такие приборы позволяют представлять ситуацию или принимать решения, не опираясь на цифровые данные измерений. Экранировка детектора должна составлять около 1 г/см^2 .

В тех случаях, когда не представляется возможным охватить весь требуемый диапазон по дозе, мощности дозы и энергии фотонов в одном приборе, применяют несколько перекрывающихся по поддиапазнам детекторов (с автоматическим или ручным переключением) или используют несколько отдельных приборов.

Представляется целесообразным на первом этапе не ограничивать выпуск модификаций сигнализаторов и измерителей мощности дозы, а также измерителей дозы как государственными предприятиями, так и кооперативами. После апробации и первичной эксплуатации приборов, общественной экспертизы, рассмотрения рекомендаций психологов можно будет с учетом спроса населения отобрать для дальнейшего более широкого воспроизводства наиболее удачные типы и модели, а также решить вопрос о возможности широкого применения режима измерения плотности потока бета-частиц.

Сравнение медико-биологических и технических требований к существующей системе приборов ИДК для персонала и к дозиметричес-

ким приборам для населения показало, что последние, по существу, могут представлять собой упрощенные модификации дозиметрических приборов для повседневного и оперативного контроля хронического облучения в малых дозах.

Современные средства дозиметрического контроля внешнего облучения

В средствах дозиметрического контроля, применяемых населением, могут быть использованы современные методы измерений ионизирующих излучений с термолюминесцентными, сцинтилляционными, газоразрядными, камерно-ионизационными, полупроводниковыми и другими детекторами с применением современной электронной элементной базы и средств вычислительной техники.

При измерении мощности дозы гамма-излучения и плотности потока бета-частиц в качестве детектора могут быть использованы:

в диапазоне от 0,1 мкЗв/ч (10 мкбэр/ч) до 1 Зв/ч (100 бэр/ч) газоразрядные счетчики Гейгера–Мюллера;

в диапазоне от 0,01 мкЗв/ч (1 мкбэр/ч) до 1 Зв/ч (100 бэр/ч) пропорциональные счетчики;

в диапазоне от 0,1 – 1 мкЗв/ч (10–100 мкбэр/ч) до 10 Зв/ч (1000 бэр/ч) ионизационные камеры;

в диапазоне от 0,01 мкЗв/ч (1 мкбэр/ч) до 10 мЗв/ч (1 бэр/ч) ионизационные камеры высокого давления;

в диапазоне 0,1 мкЗв/ч (10 мкбэр/ч) до 500 мкЗв/ч (50 мбэр/ч) по мощности дозы для гамма-излучения (и одновременно в диапазоне по плотности потока от 0,1 до 500 част./см². с для бета-частиц с малой энергией) бета-гамма-торцевые газоразрядные счетчики;

в диапазоне от 0,01 мкЗв/ч (1 мкбэр/ч) до 0,1 Зв/ч (10 бэр/ч) по мощности дозы для гамма-излучения (и одновременно в диапазоне по плотности потока от 0,01 до 10³ част./см². с для бета-частиц с малой энергией) сцинтилляционные счетчики;

в диапазоне от 0,1 мкЗв/ч (10 мкбэр/ч) до 1 Зв/ч (100 бэр/ч) литий–дрейфовые германиевые полупроводниковые детекторы большого объема (50–100 см³). Причем пропорциональные счетчики, полупроводниковые детекторы и сцинтилляционные счетчики позволяют измерять и энергетический спектр фотонов и бета-частиц.

Прототипом индивидуальных дозиметров (накопителей), выдаваемых населению, могут служить упрощенные варианты кассет отечественных стационарных комплектов термолюминесцентных дозиметров КДТ-02М, ИКС-А (ИКС-Ц, ТДК-01Ц, ТДК-02Ц), ДТУ-01 и автоматизированного комплекса АКЖДК-101 с одним, двумя детекторами (таблетками) для регистрации гамма-излучения и, возможно, с дополнитель-

ным детектором (с окном, закрытым фольгой толщиной 7 мг/см²) для регистрации бета- и рентгеновского излучения.*

Комплект дозиметров термолюминесцентных КДТ-02М предназначен для измерения экспозиционной дозы и индикации бета-излучения. В состав комплекта входят набор дозиметров ДПГ-02, ДПГ-03 и ДПС-11, устройство преобразования термолюминесцентное УПФ-02М, облучатель детекторов и набор пластин (табл. 2). В состав дозиметров ДПГ-02 и ДПС-11 входят три поликристаллических детектора ТЖД-400 на основе лития фтористого (дозиметр ДПС-11 для регистрации бета-частиц имеет окно, закрытое алюминиевой фольгой толщиной 7 мг/см²). В состав дозиметра ДПГ-03 входят три поликристаллических детектора ТЖД-580 на основе бората магния, диаметр детекторов 5 мм, толщина 0,9 мм. Время снятия показаний с одного детектора около 75 с, а с трех детекторов – не более 7 мин. Возможен экспресс-режим работы комплекта со временем снятия показания с одного детектора около 5 с, но для этого требуется переделка устройства преобразования.

Масса блока УПФ-02М около 25 кг, габаритные размеры 210×410×500 мм. Масса кассеты около 10 г, габаритные размеры 15×20×50 мм. В зависимости от комплектности поставки в состав прибора КДТ-02М могут входить по 100 дозиметров ДПГ-02, ДПГ-03, ДПС-11 (КДТ-02М), 1000 дозиметров ДПГ-03, 200 дозиметров ДПС-11 (КДТ-02М-01), 1260 дозиметров ДПГ-03, 260 дозиметров ДПС-11 (КДТ-02М-02) и 20 дозиметров ДПГ-03 (КДТ-02М-03). Стоимость одной кассеты 8 руб., а комплекта в целом – около 22 тыс.руб. С помощью дополнительного блока УПХ-05 на основе комплекта КДТ-02М возможна организация пульта дозиметриста УОЦ-14, работа которого, а также запись, обработка, хранение дозиметрической информации и номера оператора обеспечиваются микроЭВМ типа ДВК-3.

Последние модификации комплекта термолюминесцентных дозиметров ИКС-модели ИКС-Ц, ТДК-01Ц и упрощенный переносной вариант ТДК-02Ц предназначены для измерения поглощенных доз фотонного излучения. Комплект ИКС-Ц состоит из блока обработки детекторов ПСТ, блока регистрации и набора пластмассовых кассет с одним детектором. В качестве детекторов применены алюмофосфатные стекла (диаметром 8 и толщиной 0,5 мм) состава ИК-7; активированные ионами марганца. Детекторы устанавливаются в кассеты одновременно с компенсирующими фильтрами из свинца толщиной 0,35 мм и алюминия толщиной 0,5 мм. Время измерения одного детектора около 22 с. Измерение кожной дозы с граничной энергией бета-частиц от 0,2 до 3,5 МэВ и смешанного бета–гамма-излучения осуществляют дозимет-

*Характеристики дозиметрических приборов для персонала и населения взяты из рекламных листовок и публикаций, представленных на выставках приборов и в периодических изданиях.

ром типа ИКС, в котором используется детектор толщиной 100 мг/см², установленный за защитой 7 мг/см².

Режим измерений блока обработки детекторов полуавтоматический. В комплекте предусмотрен вывод информации на микроЭВМ ДВК-3 и построение на дисплее кривой термовысвечивания.

Габаритные размеры блока обработки детекторов 190×450×480 мм, масса 15 кг; габаритные размеры блока регистрации 190×330×480 мм, масса 8 кг. Стоимость одной кассеты около 3 руб., стоимость комплекта без кассет около 15 тыс. руб.

Комплект дозиметра термolumинесцентного универсального ДТУ-01 предназначен для измерения поглощенных доз рентгеновского и гамма-излучений. В комплект входят индивидуальные кассеты с детекторами на основе фтористого лития, пульт управления с блоками форми-

рования режима нагрева и регистрации термolumинесценции, блок термовысвечивания, блок повторной термообработки и транспортные кассеты для облучения детекторов. Детекторы представляют собой поликристаллические таблетки диаметром 3,5 и толщиной 2 мм. Измерения доз до 0,1 рад проводят в атмосфере чистого азота.

Энергетическая зависимость чувствительности не превышает ± 40% в диапазоне энергии фотонов от 10 до 80 кэВ (без компенсирующих фильтров), а при энергии от 80 кэВ до 3 МэВ практически отсутствует.

Выпускаемая в настоящее время пластмассовая кассета комплекта ДТУ-01 состоит из держателя, на котором размещены две таблетки, корпуса, толщина которого эквивалентна 1 г/см², и зажима типа "клипса" для закрепления дозиметра на одежде.

Т а б л и ц а 2. Основные параметры термolumинесцентных дозиметров и детекторов

Параметр дозиметра	Наименование детектора и			
	ТЛД-400 ДПГ-02 (ДПС-11)	ТЛД-580 ДПГ-03	ТЛД-500 К ДПГ-03М	ДТГ-4 ДТЛ-01
Тип детектора	Фтористый литий	Борат магния	Оксид алюминия	Фтористый литий
Вид излучения	Гамма	Гамма	Гамма	Гамма
Диапазон экспозиционных доз X, Р	0,1–1·10 ³ (1–1000)	0,005–1000	0,01–100	5·10 ⁻⁵ –50 ^{*4}
Энергия фотонов, МэВ	0,02–1,25	0,06–1,25	0,06–1,25	0,02–10,0
Основная погрешность, %	$\pm \left(15 + \frac{2}{X}\right)$, но не более 50	$\pm \left(15 + \frac{2}{X}\right)$, но не более 50 ^{*3}	$\pm \left(20 + \frac{3}{X}\right)$, но не более 50	$\pm \sqrt{10^2 + \left(\frac{0,05}{D}\right)^2}$ ^{*4}
Собственный фон, Р	5·10 ⁻²	5·10 ⁻³	5·10 ⁻⁴	2,5·10 ⁻⁵ ^{*4}
Фединг при + 20 °С, %	5 за год	35 за квартал	2 за год	5 за год
Многokратность использования	200	100	500	200
Сходимость, %	5	5	8	5

*1 Параметры детектора.

*2 Значения поглощенной дозы и D в рад.

*3 При X = 0,05 – 1000 Р и $\pm \left(45 + \frac{0,5}{X}\right)$ при X = 0,005 – 0,05Р, но не хуже

*4 Значения поглощенной дозы и D в Гр.

торов

кассеты				
ТЛД-580 Т ^{*1}	ТЛД-440 ^{*1}	ДТУ-01 ^{*2}	ИКС-Ц ^{*2} ПСТ	ДТГН-2 ^{*1}
Борат магния	Сернистый кальций	Фтористый литий	Алюмофосфатное стекло	Фторид лития-7
Гамма, бета-частицы	Гамма, быстрые нейтроны	Гамма, заряженные частицы, медленные нейтроны	Гамма	Гамма, нейтроны
0,03–5000	1–1500	0,01–5000	0,01–500	5·10 ⁻⁵ –50 ^{*4} фот. 0,1–50 нейтр.
0,06–1,25	0,1–1,25 фот 0,1–14,0 б.н.	0,01–3,0	0,1–3,0	0,02–10 фот. 0,1–10 нейтр.
$\pm \left(20 + \frac{3}{X}\right)$, но не более 50	± 10	± 35 при D = 0,01–0,1; ± 25 при D = 0,1–5000	$\pm \left(10 + \frac{0,5}{D}\right)$	
0,03	5·10 ⁻⁴	1·10 ⁻²	2·10 ⁻³	–
35 за квартал	–	5 за год	15 за квартал	5 за год
200	–	100	1000	500
5	3–5	5	2	–

минус 90.

Масса прибора 40 кг. Стоимость комплекта около 20 тыс.руб. Прибор ДТУ-01 позволяет работать с любыми типами термоллюминесцентных детекторов, в том числе из оксида алюминия, при проведении соответствующих процедур отбора по чувствительности и градуировке.

Автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля АКЖДК-101 разработан на основе применения кассеты ДТЛ-01 с тремя монокристаллическими детекторами на основе лития фтористого ДТГ-4 (диаметр детектора 4,5, толщина 0,9 мм). Диапазон измерений эквивалентных доз находится в пределах от 0,05 до 50 Зв, для поглощенной дозы от $5 \cdot 10^{-5}$ до 50 Гр. Основная погрешность измерений $\pm 10\%$, число циклов использования ≥ 200 . Производительность комплекса не менее 120 дозиметров в час. Количество дозиметров, информация о которых хранится в АК ИДК, до 50 000 шт.

В состав комплекса входят кассета с дозиметрами (от 1000 до 50 000 шт.), считыватель СТЛ-100, персональный компьютер типа IBM или ЕС1841 и принтер.

Комплекс предназначен для организации автоматизированного индивидуального дозиметрического контроля персонала объектов атомной энергетики и промышленности, предприятий и учреждений, работающих с источниками ионизирующих излучений, населения. Он позволяет полностью автоматизировать снятие информации, обеспечивает возможность включения комплекса в региональную сеть дозиметрического контроля и занесения информации в базу данных, возможность хранения дозиметрической информации на магнитном носителе.

Цена комплекса с 1000 дозиметров около 90 тыс.руб., а с 10 000 дозиметров около 200 тыс. руб.

В создаваемых или модернизируемых комплексах ТЛД, по-видимому, найдут применение разработанные в последнее время монокристаллические детекторы ТЛД-500К (корундовые) на основе оксида алюминия, поликристаллические ТЛД-580Т (тонкие) на основе бора магния, ТЛД-440 на основе сернистого кальция и монокристаллические гамма-нейтронные детекторы ДТГН-2 на основе фторида лития-7 (диаметр детектора 10 мм, толщина 3 мм) (см. табл. 2).

Среди индивидуальных дозиметрических приборов следует также отметить камерно-ионизационные прямопоказывающие и "слепые" дозиметры карандашного типа. Диапазон измерения таких дозиметров составляет 1–1,5 десятичных порядка, а максимальное значение измеряемой дозы в основном находится в пределах от 0,1 до 30 бэр. Стоимость одного такого дозиметра составляет 10–20 руб. В эту сумму не входит стоимость зарядного устройства, которое обычно поставляется на комплект из 10–100 дозиметров.

Например, комплект ДК-02 состоит из 10 (50) дозиметров, предназначенных для измерения экспозиционной дозы гамма-излучения в диапазоне от 10 до 200 мР. Основная погрешность измерений составляет $\pm 10\%$ конечного значения шкалы. Энергетическая зависимость чув-

ствительности не превышает $\pm 25\%$ при изменении энергии фотонов от 0,1 до 2 МэВ. Саморазряд дозиметра — два деления (около 10%) за 24 ч. Габаритные размеры дозиметра: длина 115 мм, диаметр с учетом держателя 19 мм, масса 25 г. Установка на "ноль" дозиметра осуществляется с помощью зарядного устройства ЗД-5 или ЗД-6.

Выпускают и "слепые" камерно-ионизационные дозиметры карандашного типа Д-2Р. Диапазон измерений дозиметра от 5 мР до 5 Р, основная погрешность $\pm 20\%$. Энергетический диапазон 0,3–1,25 МэВ. Саморазряд в нормальных условиях 5% за 48 ч. Время снятия показания с дозиметра около 5 с. Обмер дозиметров (снятие показаний и кода номера) осуществляют с помощью устройства УИ-27. Предусмотрена возможность работы блока УИ-27 с микроЭВМ типа ДВК-3.

Задача измерения мощности дозы и одновременно измерения в отдельных случаях дозы для персонала решается с помощью выпускаемых отечественной промышленностью электронных дозиметрических приборов для оперативного контроля внешнего облучения. К ним в первую очередь относятся приборы с детекторами на газоразрядных счетчиках: сигнализатор-индикатор ДРС-01, комбинированный сигнальный дозиметр ДКС-04, устройство дозиметрическое УД-01 с комплектом сигнальных дозиметров ДЭГ-08, дозиметр ДРГ-01Т и сцинтилляционный дозиметр ДРГ-05М (табл. 3). С 1981 по 1986 г. выпускался также сигнальный дозиметр ДЭС-04. Кроме того, в настоящее время подготовлен к серийному выпуску радиометр бета-гамма-излучения РКС-20.03 и завершается разработка сигнального дозиметра ДКГ-01Н1.

Сигнализатор-индикатор ДРС-01 с помощью двух режимов работы "Порог" и "Поиск", звуковой и световой сигнализации обеспечивает оценку уровня мощности экспозиционной дозы фотонного излучения, а также обнаружение и оценку плотности потока фотонов, бета-частиц и тепловых нейтронов. Комплект аккумуляторов без перезарядки обеспечивает непрерывную работу прибора при уровне естественного фона около 200 ч. Прибор ДРС-01 поставляют вместе с зарядным устройством и корпусом для источника питания типа "Корунд" ("Крона"), позволяющим осуществить питание прибора при случайном выходе из строя аккумуляторов.

Комбинированный дозиметр ДКС-04 позволяет измерять не только мощность экспозиционной дозы фотонного излучения (при времени набора и вывода информации около 4с), но и экспозиционную дозу. Дозиметр ДКС-04 с помощью сигнализации, как и прибор ДРС-01, обеспечивает обнаружение и оценку плотности потока фотонов, жестких бета-частиц и тепловых нейтронов.

Зарядное устройство и корпус для батареи в приборе ДКС-04 аналогичны по конструкции устройствам, примененным в сигнализаторе-индикаторе ДРС-01. Приборы ДРС-01 и ДКС-04 носят в нагрудном кармане. Преимущество этих приборов — наличие звуковой и световой сигнализации, возможность определять с помощью сигналов уровень мощ-

Т а б л и ц а 3. Основные характеристики малогабаритных дозиметрических

Параметр	Тип дозиметрического прибора		
	ДРС-01 "Стриж"	ДКС-04 "Стриж"	ДЭГ-08 "Стриж-Ц"
Детектируемое излучение	Фотоны, жесткие бета-частицы, тепловые нейтроны	Фотоны, жесткие бета-частицы, тепловые нейтроны	Фотоны
Тип детектора	Счетчик СБМ-21 с фильтром	Счетчик СБМ-21 с фильтром	Счетчик СИ-38Г с фильтром
Энергия фотонов, МэВ	0,05–3,0	0,05–3,0	0,08–3,0
Диапазон измерения экспозиционной дозы, мР	–	$1-4 \cdot 10^3$	$1-10 \cdot 10^6$
Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы, мР/ч	–	$0,1-10^3$	–
Основная погрешность, %	± 25	± 25	$\pm \left(20 + \frac{0,1}{X}\right)^{*3}$
Энергетическая зависимость чувствительности, %	± 25	± 25	± 25
Диапазон сигнализации экспозиционной дозы X, мР	–	1–9	$100-9 \cdot 10^5$
Диапазон сигнализации мощности экспозиционной дозы X, мР/ч	3–33	–	–
Количество порогов сигнализации, не менее	6	9	36
Тип индикатора	–	Четырехразрядное ЖК-цифровое табло ИЖЦ5-4/8	Четырехразрядное светодиодное цифровое табло из 490ИП1
Температура окружающей среды, °С	+10–35	+10–35	–20 – +50
Число, тип источника питания	7 аккумуляторов Д-0,06	7 аккумуляторов Д-0,1	4 аккумулятора Д-0,26

приборов для персонала

	ДРГ-01Г1	ДРГ-05 М "Ингул"	РКС-29.05 ^{*4} "Припять"	ДКГ-01Н1 ^{*4} "Козодой-М"
Фотоны	Фотоны	Фотоны, бета-частицы	Фотоны, бета-частицы	Фотоны
Счетчики СБМ-20 4 шт. и СИЗ-4Г 2 шт. с фильтром	Счетчики СБМ-20 4 шт. и СИЗ-4Г 2 шт. с фильтром	Сцинтилляционный, ФЭУ-35 и пласт. сцин. + ZnS(Ag)	Счетчики СБМ-20 2 шт. со съемной крышкой-фильтром	Счетчики СИ-29БГ и СИ-34Г с фильтром
0,05–3,0	0,05–3,0	0,015–3,0	0,05–3,0	0,04–3,0
–	–	$1-10 \cdot 10^3$	–	$H = 1-10^6$
$(0,1-10 \cdot 10^3)^{*1}$ $(0,01-10 \cdot 10^3)^{*2}$	$(0,1-10 \cdot 10^3)^{*1}$ $(0,01-10 \cdot 10^3)^{*2}$	$0,036-36 \cdot 10^3$ (3 поддиапазона)	$\dot{H} = 0,1-200$	$\dot{H} = 0,2-4 \cdot 10^6$
$\pm \left(30 + \frac{1,0}{\dot{X}}\right)^{*1}$ $\pm \left(15 + \frac{0,5}{\dot{X}}\right)^{*2}$	$\pm \left(30 + \frac{1,0}{\dot{X}}\right)^{*1}$ $\pm \left(15 + \frac{0,5}{\dot{X}}\right)^{*2}$	$\pm \left(15 + \frac{100X_0}{X(\dot{X})}\right)^{*5}$	± 25	$\pm \left(20 + \frac{1}{H}\right);$ $\pm \left(25 + \frac{0,1}{H}\right)$
± 25	± 25	± 25 ($E_\gamma = 0,03-3$ МэВ); –40 ($E_\gamma = 0,015-0,03$ МэВ)	± 25	± 25
–	–	–	–	$10-10^6$
–	–	–	–	$10-4 \cdot 10^6$
–	–	–	–	12 по H , 12 по \dot{H}
Четырехразрядное ЖК-цифровое табло ИЖЦ5-4/8	Четырехразрядное ЖК-цифровое табло ИЖЦ5-4/8 с подсветкой	Четырехразрядное светодиодное цифровое табло из АЛС-324	Четырехразрядное ЖК-цифровое табло ИЖЦ14-4/7	Четырехразрядное ЖК-цифровое табло ИЖЦ5-4/8
–10 – +40	–10 – +40	–10 – +40	+10 –35	–10 – +45
Элемент "Корунд" ("Крона")	Элемент "Корунд" ("Крона")	28 аккумуляторов Д-0,1 соед. посл.-п. рал.	Элемент "Корунд" ("Крона")	4 аккумулятора Д-0,115

Параметр	Тип дозиметрического прибора		
	ДРС-01 "Стриж"	ДКС-04 "Стриж"	ДЭГ-08 "Стриж-Ц"
Потребляемая мощность, мВт, не более	5	10	10
Габаритные размеры, мм	105×60×23	146×60×26	154×95×40
Масса, кг, не более	0,15	0,25	0,58
Цена, руб.	265	340	~ 800

*1 Диапазон и погрешность в режиме "ПОИСК".
 *2 Диапазон и погрешность в режиме "ИЗМЕРЕНИЕ".
 *3 X – экспозиционная доза, Р.
 *4 Значения H и \dot{H} даны в мкЗв и мкЗв/ч.
 *5 X и \dot{X} – измеряемые значения в мР или мкР/с при $\dot{X} > 360$ мР/ч;

ности дозы или полученную дозу и предупреждать человека от случайного переоблучения при увеличении уровня радиации или вхождении в неконтролируемую зону.

Дозиметры ДЭГ-08, входящие в состав устройства дозиметрического УД-01, выполнены в водозащищенном и ударопрочном исполнении. Устройство УД-01 состоит из зарядного устройства-хранилища дозиметров ЗУК-10 и пяти дозиметров ДЭГ-08. Дозиметры в основном предназначены для применения в аварийных ситуациях при мощности дозы до 500 Р/ч. С помощью зарядного устройства осуществляется проверка работоспособности дозиметров от встроенного бета-источника. Для удобства отсчета показаний при слабой освещенности цифровое табло дозиметра выполнено на светодиодах. Для повышения экономичности и удобства считывания показаний с табло при различной освещенности лицевой панели дозиметра применено устройство адаптации яркости цифр к освещенности. При большой освещенности яркость цифр автоматически увеличивается, а при малой – уменьшается. Вывод показаний на световое табло в течение 2 с осуществляют нажатием кнопки. Для обеспечения вывода значений дозы в широком диапазоне (в семи десятичных порядках) применен режим измерений с плавающей запятой. Цифровая установка порога сигнализации осуществляется с помощью кнопки на лицевой панели. В случае достижения установленного порога дозы включается сигнализация в виде прерывистых звуковых сигналов и одновременно на табло периодически высвечиваются показания дозиметра. Аккумуляторное питание обеспечивает непрерывную работу дозиметра в течение 100 ч.

Конструктивно дозиметр ДЭГ-08 выполнен в варианте, предусматривающем его ношение при работе на поясе с помощью ремня, проде-

	ДРГ-01Т1	ДРГ-05 М "Ингул"	РКС-20.03* ⁴ "Припять"	ДКГ-01Н1* ⁴ "Козодой-М"
	20	120	90	5
	160×76×46	242×240×75	140×70×35	118×70×33
	0,5	1,5	0,25	0,25
	330	1200	450	600

$X_0 = 1$ мР или $\dot{X}_0 = 1$ мкР/с.

того в проушины корпуса. Масса зарядного устройства ЗУК-10 около 10 кг.

Дозиметр ДРГ-01Т1 имеет два режима работы – "ПОИСК" и "ИЗМЕРЕНИЕ". Время измерения в режиме работы "ПОИСК" не превышает 2 с, а в режиме "ИЗМЕРЕНИЕ" – 20 с. Один гальванический элемент обеспечивает непрерывную работу прибора при уровнях естественного фона в течение не менее 100 ч.

Носимый сцинтилляционный дозиметр ДРГ-05М применяют для оперативного контроля в полях излучения. Он предназначен для измерения экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения, а также для качественной оценки плотности потока бета-частиц, которую определяют по разнице показаний дозиметра с защитным экраном на детекторе и без экрана. Время установления показаний при мощности дозы менее 9 мР/ч не более 25 с, при мощности дозы более 360 мР/ч – около 3 с. Прибор ДРГ-05М выполнен в форме пистолета, для ношения на поясе предусмотрен специальный чехол на ремешке.

Радиометр РКС-20.03 предназначен для индивидуального и коллективного пользования при измерении мощности эквивалентной (экспозиционной) дозы гамма-излучения, плотности потока бета-частиц, а также удельной (объемной) активности в жидких и сыпучих веществах. С помощью радиометра можно измерять радиационный фон в местах проживания и работы населения. Его можно использовать для контроля "радиационной чистоты" жилых и производственных помещений, зданий и сооружений, предметов быта, одежды, прилегающей территории, поверхности грунта на приусадебных участках, транспортных средств, контроля содержания радионуклидов в жидких и сыпучих веществах.

Диапазон измерения плотности потока бета-частиц по стронцию-90 – иттрию-90 находится в пределах от 10 до $2 \cdot 10^4$ част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ при основной погрешности измерения $\pm 25\%$. Диапазон измерения удельной (объемной) активности бета-излучающих нуклидов в жидких и сыпучих веществах по цезию-137 находится в пределах от 3,7 до $3,7 \cdot 10^2$ кБк/кг (кБк/л) или от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ Ки/кг (Ки/л) при основной погрешности измерения $\pm 25\%$. Время измерения около 20 с. Радиометр подает звуковой сигнал сопровождения при детектировании гамма-кванта или бета-частицы.

Дозиметр ДКГ-01Н1 предназначен для измерения мощности эквивалентной дозы и эквивалентной дозы фотонного излучения в ткане-эквивалентном веществе на глубине 1 г/см^2 , измерения максимального значения текущей мощности дозы, допустимого времени работы персонала при текущих мощностях дозы для установленного порога, а также для сигнализации о превышении порогов эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы фотонного излучения.

Применить указанные режимы работы, предоставляющие оператору широкие возможности, позволило использование однокристалльной микроЭВМ КР1830ВЕ48.

Время непрерывной работы дозиметра без перезарядки комплекта аккумуляторов около 100 ч. В нем имеется режим сигнализации о разряде источника питания. Дозиметр ДКГ-01Н1 будет поставляться совместно с зарядным устройством.

Достаточно высокая стоимость дозиметрических приборов и систем для персонала обусловлена необходимостью обеспечения высоких технических и эксплуатационных показателей: широкого диапазона измерений и сигнализации, малой погрешности измерений, малой зависимости чувствительности детекторов от энергии фотонов, хорошей изотропности чувствительности, широкого интервала рабочих температур, а также необходимостью проведения сложных градуировочных работ и различных видов испытаний.

Наиболее эффективный путь обеспечения качества индивидуальных дозиметрических приборов для населения (надежности, долговечности и экономичности по материалам, комплектующим и потреблению электроэнергии), а также такого потребительского свойства этой продукции, как доступная цена, является модернизация и упрощение выпускаемых в настоящее время дозиметров и разработка новых приборов специально для населения. Кроме того, на базе сигнальных дозиметрических приборов со стрелочным или цифровым отсчетом показаний путем замены детекторов на торцевые газоразрядные бета, гамма-счетчики, полупроводниковые или сцинтилляционные детекторы, применения встроенных или выносных детекторов возможно построение комбинированных дозиметрических и радиометрических приборов для решения задачи одновременного контроля уровня внешнего гамма-излучения, бета-частиц и загрязнения пищевых продуктов, воды,

земли, растительности, а также, возможно, для индикации и экспресс-измерения поступления радионуклидов в организм человека (иода-131 в щитовидной железе, цезия-137 в костях и мышечной ткани и трансураниевых в костях).

За рубежом наибольшее распространение среди населения получили прямопоказывающие камерно-ионизационные дозиметры карандашного типа. Однако в настоящее время имеются сведения о выпуске и сигнальных приборов, предназначенных для применения населением в бытовых условиях (название одного из них "бдительный"). Питание приборов – батарейное или от сети. В качестве детектора применены газоразрядные счетчики. Порог сигнализации устанавливаются на уровне 1,5–10 естественного фона. Характерные габаритные размеры $45 \times 90 \times 155$ мм, масса около 0,4 кг. Стоимость таких приборов существенно меньше профессиональных и находится в пределах от 80 до 280 долл. Приборы изготавливают и реализуют специализированные фирмы.

Дозиметрические приборы для радиационного контроля населением среды обитания

Дозиметрические приборы должны позволять населению путем оценки или измерения мощности эквивалентной (амбиентной) дозы внешнего гамма-излучения проводить оперативную оценку радиационной обстановки в месте его проживания или нахождения. Основным средством для решения этой задачи являются простые портативные электронные сигнализаторы-индикаторы и измерители-индикаторы мощности дозы гамма-излучения и, возможно, измерители-индикаторы дозы.

Характеристики дозиметрических приборов во многом определяются выбранными режимами измерений, типами детекторов и других комплектующих изделий, применяемыми материалами и технологией.

Типичная структурная схема электронного сигнального измерителя мощности дозы приведена на рис. 2.

В качестве детектора фотонного излучения наиболее часто применяют газоразрядные счетчики (счетчики Гейгера–Мюллера). Из выпускаемых отечественной промышленностью для поставленной задачи наилучшим образом подходит счетчик СБМ-20. Чувствительность счетчика СБМ-20 к гамма-излучению около 75 имп. на 1 мкР (около 0,2 имп./с на 10 мкР/ч), средняя частота собственных фоновых импульсов $n_{\text{ф}} \approx 1 \text{ имп./с}$, $n_{\text{макс}} \approx 1,6 \cdot 10^3 \text{ имп./с}$, максимальная допустимая мощность дозы 0,1 Р/с, напряжение питания $\sim 400 \text{ В}$, ресурс около 10^{10} имп., габаритные размеры: диаметр ~ 10 мм, длина около 110 мм, масса 10 г. Температурный диапазон $-60 \div +70 \text{ }^\circ\text{C}$. Стоимость счетчика около 3 руб. Несколько лучшие характеристики по сравнению со счет-

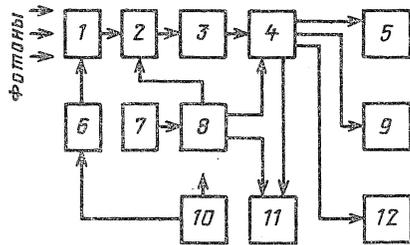


Рис. 2. Структурная схема электронного сигнального измерителя мощности дозы:

1 — детектор; 2 — устройство отбора сигналов с детектора; 3 — устройство обработки и преобразования сигналов; 4 — устройство формирования выходных сигналов; 5 — измерительный прибор, аналоговый или цифровой дисплей; 6 — источник питания детектора; 7 — таймер; 8 — программное устройство, микропроцессор, микроЭВМ; 9 — звуковой сигнализатор; 10 — источник питания; 11 — память; 12 — световой сигнализатор

чиком СБМ-20 имеет выпускаемый в ограниченном количестве счетчик СИ 19 Г, стоимостью около 3 руб. Разработаны также счетчики СИ30БГ.

Поскольку при уровне естественного радиационного фона средняя частота импульсов со счетчика меньше средней частоты фоновых импульсов, необходимы учет или вычитание собственного фона счетчика. Для того чтобы погрешность измерения или оценки не превышала $\pm 30\%$, а постоянная времени не превышала 20–40 с, используют параллельную работу двух–четырех счетчиков.

В миниатюрных модификациях, где основным показателем являются габаритные размеры и масса прибора, возможно применение счетчика типа СБМ-21. Чувствительность счетчика СБМ-21 около 7,5 имп. на 1 мкР (около 0,02 имп./с на 10 мкР/ч), средняя частота фоновых импульсов $n_{\text{ф}} \approx 0,2$ имп./с, максимальная средняя частота импульсов $n_{\text{макс}} \approx 1,8 \cdot 10^3$ имп./с, максимальная допустимая мощность дозы $\sim 0,25$ Р/с, напряжение питания ~ 400 В, ресурс около 10^{10} имп., габаритные размеры: диаметр ≈ 8 мм, длина ~ 20 мм, масса 1 г. Температурный диапазон $-60 \div +70$ °С. Стоимость счетчика СБМ-21 около 7 руб.

Для расширения диапазона индикации или измерения в сторону больших значений мощности дозы целесообразно использовать наряду со счетчиком СБМ-21 счетчики гамма-излучения СИ-34Г или СИ-40Г, чувствительность которых около 50 имп./с на 1 Р/ч, а также СИ-29БГ.

В дозиметрических приборах находят применение и торцевые газоразрядные бета–гамма-счетчики типа СБТ-9, СБТ-11 и др. Например, счетчик СБТ-9 имеет чувствительность около 40 имп. на 1 мкР (около 0,1 имп./с на 10 мкР/ч), среднюю частоту фоновых импульсов около 0,17 имп./с, габаритные размеры: диаметр 10 мм, длину 73 мм. Масса счетчика 8,5 г, стоимость около 8 руб.

Уменьшение энергетической зависимости чувствительности, а также улучшение анизотропии чувствительности к фотонам в широком телесном угле обеспечивают с помощью дополнительных фильтров, напри-

мер из свинца или свинцовой фольги, плакированной оловом, и устанавливаемых на счетчики. Толщина экрана счетчиков около 1 г/см².

Питание счетчиков следует осуществлять от экономичных высоковольтных преобразователей напряжения. Для уменьшения энергопотребления преобразователей применяют различные схемы с отрицательной обратной связью, обеспечивающие стабильность напряжения на счетчике при увеличении загрузки, изменении температуры окружающей среды и уменьшении напряжения источника питания.

Как уже отмечалось, в рассматриваемых приборах наряду с газоразрядными счетчиками в качестве детектора могут быть применены пропорциональные счетчики, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы (ППД), ионизационные камеры. В малогабаритных носимых моделях с применением ионизационной камеры объемом около 500 см³ минимальное значение измеряемой мощности дозы соответствует 10–100 мкР/ч. Ионизационная камера обеспечивает детектирование фотонов от достаточно малой энергии 5–8 кэВ до энергии 1–2 МэВ.

Применение спектрометрических полупроводниковых детекторов в дозиметрических приборах ограничивается в настоящее время их довольно высокой стоимостью. Однако в них возможно применение полупроводниковых кремниевых или теллурид-кадмиевых детекторов с худшими по сравнению со спектрометрическими ППД параметрами, т.е. использование детекторов, которые в настоящее время отбраковываются при производстве. Преимуществом полупроводниковых детекторов являются высокая эффективность регистрации, малые габаритные размеры (диаметр 10–20, толщина 2–5 мм) и масса (5–10 г), малое напряжение питания (смещения) — около 15–100 В. Например, для таких литий-дрейфовых кремниевых детекторов типа ДКГ минимальная энергия регистрируемых фотонов составляет 50–150 кэВ, чувствительность 6–25 имп. на 1 мкР (0,07–0,3 имп./с на 10 мкР/ч), ток утечки 0,5–4 мкА, энергетический эквивалент шумов 30–80 кэВ, средняя частота фоновых импульсов при температуре 60 °С около 1 имп./с, максимальная средняя частота импульсов около 10^5 имп./с, температурный диапазон от -180 до $+60$ °С. Стоимость таких детекторов 5–10 руб.

Однако в случае применения ионизационных камер и ППД требуются высокочувствительные усилители. Поэтому ППД целесообразно использовать конструктивно в едином исполнении с усилителем на микроэлементах. Для измерения мощности дозы и дозы возможно применение в качестве детектора р-канального полевого МОП-транзистора. В таком детекторе непрерывным инвертированием полярности напряжения смещения, подаваемого на затвор, измеряют пороговое напряжение затвора. Применение с импульсным или интегральным ППД интегральных микросхем на n-МОП-структуре позволит в ближайшем будущем разработать и выпустить в промышленном испол-

нении индикаторы или измерители мощности дозы и дозы в виде наручных часов или авторучки с дисплеем.

Для отображения уровней индикации и измеряемых значений мощности дозы целесообразно применять малогабаритные стрелочные приборы, аналоговые полосковые (столбиковые) или точечные светодиодные (например, ЛС 304, ЛС 314) и жидкокристаллические индикаторы (например, ИЖЦ5-4/8, ИЖЦ14-4/7, ИЖЦ9-4/7), цифровые светодиодные и жидкокристаллические дисплеи, а также комбинированные аналого-цифровые дисплеи, позволяющие отображать не только измерительную информацию, но и единицы измерения, режимы работы прибора, напряжение источника питания и т.д. Поскольку отсчет показаний с ЖК-дисплеев затруднен при слабой освещенности прибора, применяют подсветку дисплеев с помощью электрической лампочки или используют ЖК-дисплеи с электролюминесцентной подсветкой. Современные ЖК-дисплеи имеют нижнее значение температурного диапазона минус 20—40 °С.

В качестве источника звуковых сигналов применяют малогабаритные телефоны типа ДЕМШ, ТМ-3, ТМ-5, пьезосигнализаторы типа ЗП-1 и ЗП-3, а в качестве визуальных сигнализаторов — различные светодиодные и жидкокристаллические индикаторы.

Поскольку газоразрядные счетчики имеют нелинейную зависимость чувствительности от мощности дозы в области максимальных ее значений, могут быть применены схемы линеаризации характеристики, обеспечивающие досчет импульсов.

В качестве элементной базы в малогабаритных и портативных дозиметрических приборах могут быть широко применены экономичные по энергопотреблению микросхемы (например, серий 176 и 561), микросборки, БИС, СБИС на базовых матричных кристаллах, однокристалльные микроЭВМ, малогабаритные трансформаторы, конденсаторы, диоды, коммутационные элементы (переключатели, соединители, кнопки, клавиатуры) и другие малогабаритные комплектующие элементы.

Питание дозиметрических приборов осуществляют от элементов или аккумуляторов (табл. 4). Применение в качестве источника питания аккумуляторов, в том числе не указанных в таблице никель-кадмиевых аккумуляторов НКГЦ-045, представляется удобным в случае работы с дозиметрическим прибором в условиях, когда имеется электрическая сеть, но есть сложности с обеспечением элементами, например в удаленной местности, в аварийных условиях с повышенным потреблением приборов и элементов. Однако аккумуляторное питание требует наличия зарядного устройства, которое увеличивает стоимость прибора. Представляется удобной возможность питания дозиметрических приборов как от автономного источника, так и от сети переменного тока. Применение в качестве источника питания серебряно-цинковых элементов возможно только в сверхэкономичных приборах из-за малого тока, отдаваемого этими элементами в нагрузку. При применении

Т а б л и ц а 4. Основные характеристики источников питания, применяемых в малогабаритных приборах

Шифр элемента, наименование	Номинальное напряжение, В	Электрическая емкость, А·ч	Максимальный ток, мА	Срок службы, мес	Температурный диапазон, °С	Габаритные размеры, мм		Масса, г, не более
						Диаметр	Высота	
Дисковые аккумуляторы								
Д-0,06Д	1,25	0,06	6,0	12	-20...+45	15,6	6,1	3,6
Д-0,115Д	1,25	0,115	11,5	18	-20...+45	20	6,6	7,0
Д-0,26Д	1,25	0,26	26,0	6	-20...+45	25,2	9,3	13,5
Солевые марганцево-цинковые элементы								
316 ("Уран")	1,5	0,750	70	12	-20...+45	14,5	50,5	20
А-316 ("Прима")	1,5	1,500	70	12	-20...+45	14,5	50,5	20
343 ("Юлитер")	1,5	0,750	200	12	-20...+45	26,2	50,5	52
"Корунд"	9,0	0,650	40	9	-10...+50	16 × 26 × 48		40
Ртутно-цинковые элементы								
РЦ-32	1,3	0,05	10,0	6	0...+50	11,0	3,5	1,3
РЦ-53	1,3	0,25	30,0	12	0...+50	15,6	6,3	4,6
РЦ-55	1,3	0,5	30,0	30	0...+50	15,6	12,5	9,5
РЦ-57	1,3	1,0	80,0	12	0...+50	16,0	17,0	15,0
РЦ-59	1,3	3,0	300	12	0...+50	16,0	50,0	44,0
РЦ-63	1,3	0,55	50	18	0...+50	21,0	7,4	10,5
Серебряно-цинковые элементы								
СЦ-21	1,41	0,038	0,1	12	-5...+50	7,9	3,6	0,8
СЦ-30	1,41	0,06	0,1	12	-5...+50	11,6	2,6	1,5
СЦ-32	1,41	0,11	0,1	12	-5...+50	11,6	4,2	2,0
В корпусе элемента 316	2,5	1,2	50	18	-15...+50	15	50	30

полупроводниковых детекторов представляет интерес использование ртутно-цинковых элементов, которые мало изменяют выходное напряжение в процессе разряда.

Заслуживают внимания приборы без химических источников питания, например с пьезоэлементами или электрическими генераторами (магнето) переменного тока, преобразующими механическую (мускульную) энергию пальцев руки в электрическую. Вращение генератора может быть осуществлено и от заводной пружины. Переменный ток выпрямляется и заряжает конденсатор большой емкости, который затем питает схему прибора через стабилизатор напряжения. Такие источники питания обеспечивают непрерывную работу прибора от нескольких десятков секунд до нескольких минут. Представляет интерес применение в дозиметрических приборах солнечных батарей.

Портативные дозиметрические приборы для населения предназначены для оценки радиационной обстановки и являются по сути средствами измерения индикаторного типа. Условно их можно разделить на несколько групп: сигнализаторы-индикаторы, измерители-индикаторы, комбинированные дозиметрические приборы (дозиметры-радиометры и дозиметрические приборы, встроенные в бытовую технику — часы, приемники и т.п.).

Характерной особенностью дозиметрических приборов для населения являются простота в эксплуатации, требование от пользователя минимума знаний и минимальной технической подготовки. Приборы обладают достаточно высокой надежностью и относительно малой стоимостью.

Сигнализаторы-индикаторы позволяют с помощью световой и звуковой индикации обнаруживать радиоактивное загрязнение, индцировать и оценивать уровень мощности дозы гамма-излучения. Из-за характерных звуковых сигналов, производимых приборами в случае регистрации импульсов с детекторов, такие сигнализаторы часто называют: "сверчок", "щелкун", "щерб етатель", "пискун", "соловей" и т.п.

Измерители-индикаторы обнаруживают радиоактивное загрязнение и одновременно измеряют или достаточно точно оценивают значения мощности дозы или дозы гамма-излучения. Для отображения информации в сигнальных измерителях-индикаторах применяют стрелочные приборы, аналоговые или цифровые индикаторы (дисплеи).

В дозиметрических приборах и в документации к ним для удобства восприятия уровней сигнализации и показаний параллельно приводят значения в мкЗв/ч и мкР/ч. В ряде приборов диапазон измерения в мкЗв/ч подобран таким образом, чтобы пользователь мог с помощью дополнительного переключателя, кнопки или просто не обращая внимания на запятуя на дисплее провести отсчет показаний в более удобных и привычных ему единицах мкР/ч.

Измерители-индикаторы со стрелочными приборами или аналоговой шкалой наиболее наглядно отображают измерительную информа-

цию. Кроме того, пользователь по прибору с аналоговой шкалой визуально лучше воспринимает тенденцию изменения радиационной обстановки.

В стрелочных приборах сектор шкалы, соответствующий мощности дозы до 0,6 мкЗв/ч (60 мкР/ч), обычно окрашивают в зеленый цвет, в диапазоне от 0,6 мкЗв/ч (60 мкР/ч) до 1,2 мкЗв/ч (120 мкР/ч) — в желтый, а сектор, соответствующий значениям свыше 1,2 мкЗв/ч (120 мкР/ч), — в красный или розовый цвет. Таким же образом используют цветовое отображение информации в аналоговых дисплеях со светодиодными индикаторами.

Для исключения ручного переключения поддиапазонов в некоторых приборах применены логарифмические шкалы или обеспечено автоматическое переключение поддиапазонов.

В настоящее время разработано несколько десятков дозиметрических приборов для населения, из которых отобраны наиболее удачные модели, и освоен их серийный выпуск.

Конструктивно дозиметрические приборы выполнены в виде прямоугольных коробок или другой формы, удобной для ношения в кармане или руке. Их габаритные размеры и массу в основном определяют детектор, дисплей, первичный и вторичный источники питания. Корпуса приборов обычно окрашены в яркие цвета или светлые тона, чтобы их можно было быстро найти в случае потери. Для работы в условиях, когда возможно радиоактивное загрязнение поверхности приборов, в комплекте с прибором продают тонкие, прозрачные чехлы, через которые возможно снятие показаний и восприятие световой и звуковой сигнализации. Температурный диапазон приборов (в основном от -10 до $+40$ °С) определяется применяемыми источниками питания и средствами отображения информации (индикаторами). Основные технические характеристики некоторых дозиметрических приборов для населения приведены в табл. 5,6, а внешний вид — на рис. 3*. Следует отметить, что каждый прибор имеет несколько близких по характеристикам модификаций, разработанных различными коллективами специалистов, и не указанных в табл. 5 и 6 (приборы "Рось", "Фотон" "Полюнь-101", ДРГБ-02 — "Дон-1; "Берег", и др.). Стоимость приборов в зависимости от сложности составляет от 30–100 до 100–250 руб.

В сложных приборах имеются режимы сигнализации о превышении максимального значения измерения, индикаторы напряжения батарей, схемы компенсации собственного фона счетчиков и т.п. В некоторых модификациях применены солнечные батареи для подзарядки аккумулятора.

*Предполагается, что в продажу для населения поступят по сниженным ценам и некоторые профессиональные дозиметрические приборы, например РКС-20.03 ("Припять" — "Полярон", ДРГ-01Ц).

Т а б л и ц а 5. Основные характеристики сигнализаторов-индикаторов гамма-

Наименование и тип прибора	Уровни индикации мощности дозы, мкЗв/ч (мкР/ч)	Вид индикации, сигнализации
Сигнализатор-индикатор мощности дозы ДРГ-15 (ДБГ-02Б) "Сверчок"	0,1–10 (10–1000)	Сигналы красного светодиода и звуковые сигналы на каждый импульс с детектора
Сигнализатор-индикатор мощности дозы ДРГ-20 (СИМ-01) "Светофор"	До 0,6 (до 60) От 0,6 до 1,2 (от 60 до 120) более 1,2 (120)	Сигналы зеленого светодиода. Сигналы желтого светодиода. Сигналы красного светодиода Допускаются на всех уровнях звуковые сигналы
Сигнализатор-индикатор мощности дозы ДРГ-25 (СИМ-02)	По счету числа сигналов. Диапазон × 1 0,1–1 (10–100) Диапазон × 16 1,6–16 (160–1600) Диапазон × 128 13–130 ($1,3 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^4$)	Звуковые сигналы (дополнительные сигналы красного светодиода на каждые 128 имп.) Звуковые сигналы (дополнительные сигналы красного светодиода на каждые 128 имп.) Сигнал красного светодиода (дополнительный звуковой сигнал)
Пороговый сигнализатор-индикатор мощности дозы ДРГ-30 (СИМ-03) "Элат"	По счету числа сигналов 0,05–1 (5–100) По устанавливаемому порогу сигнализации 0,6–4 (60–400) и 4,8–32 (480–3200)	Короткие звуковые (световые) сигналы Лимб цифрами, длинный звуковой сигнал (световые сигналы)
Дозиметр-индикатор мощности дозы гамма-излучения и поверхностного загрязнения бета-активными веществами "ПОЙСК-2"	0,1÷150 ($10 \div 1,5 \cdot 10^4$) Восьмипороговая индикация со значениями (10; 20; 50; 100; 200; $1 \cdot 10^3$; $3 \cdot 10^3$; $1,5 \cdot 10^4$) и 100; 200; 500; $1 \cdot 10^3$; $2,5 \cdot 10^3$; $1 \cdot 10^4$; $4,5 \cdot 10^4$; $3 \cdot 10^5$ част./($\text{см}^2 \cdot \text{мин}$) при толщине входного окна $1,5 \text{ мг/см}^2$	Световая индикация 9 красными светодиодами, цветное (зеленое, желтое и красное) обозначение на цифровой шкале, световой сигнал "Работа", и звуковой сигнал окончания работы
Индикатор фона "ГРИФ-1"	0,15–1,35 (15–135)	Звуковая и световая сигнализация с кратностью 0,15 мкЗв/ч

излучения для населения

Тип детектора, энергия регистрируемых гамма-квантов, МэВ	Время набора информации, с	Время непрерывной работы от источника питания*, ч	Тип источника питания	Габаритные размеры, мм	Масса, г
1 счетчик СБМ-21 с фильтром $E_\gamma = 0,04 \div 3,0$	Непрерывное	500	3 аккумулятора Д-0,06 (СЦ-32)	79×46×17	50
2 счетчика СБМ-21 с фильтром $E_\gamma = 0,04 \div 3,0$	12	120	4 аккумулятора Д-0,1	107×67×17	120
Счетчик СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,04 \div 3,0$	10	2000	Элемент "Корунд" ("Крона")	120×65×25	150
Счетчик СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,06 \div 1,25$	10 2–14	500	Элемент "Корунд" ("Крона")	118×67×24	170
2 бета–гамма-счетчика СБТ-9 с фильтром $E_\gamma = 0,05 \div 3,0$	32–0,5	300	4 аккумулятора Д-0,26	126×54×27	200
Счетчик СБМ-20 с фильтром	12	200	Элемент "Корунд" ("Крона")	126×57×25	135

Продолжение табл. 5

Наименование и тип прибора	Уровни индикации мощности дозы, мкЗв/ч (мкР/ч)	Вид индикации, сигнализации
Дозиметр-сигнализатор ИРГ-01А	По счету числа сигналов 0,1-3 (10-300) Пороги сигнализации 0,6 (60) 1,2 (120) 2,4 (240)	Короткие световые или звуковые сигналы; непрерывные световые и звуковые сигналы
Дозиметр-индикатор ДРСБ-92	По счету сигналов 0,1-5000 ($10 - 5 \cdot 10^5$) 0,1-10 (10-1000) 10-5000 ($10^3 - 5 \cdot 10^5$)	По звуковым сигналам По световым сигналам

* При уровне внешнего гамма-излучения, близком к уровню естественного

** Подготовлен к серийному выпуску дозиметр-индикатор "Рось" с пятью по

Таблица 6. Основные характеристики сигнальных измерителей-индикаторов

Наименование и тип прибора	Диапазон измерения (индикации) мощности дозы, мкЗв/ч (мкР/ч)	Вид индикации, сигнализации
Стрелочный сигнальный дозиметр мощности дозы ДБГБ-07Т ("Невский") ДБГБ-07Т1 ("Ладога")	1-й поддиапазон 0-10 (0-1000) 2-й поддиапазон 0-2 (0-200)	Стрелочный прибор с переключаемой линейной шкалой (переключение ручное), световые сигналы на каждый импульс
Стрелочный сигнальный измеритель-индикатор мощности дозы ИМД-70	0,2-1000 ($20 - 1 \cdot 10^5$)	Стрелочный прибор с логарифмической шкалой, звуковые сигналы на каждый импульс
Цифровой измеритель мощности дозы "Горизонт" (Master)	По цифровому табло 0,1-10 (10-1000)	Цифровое жидкокристаллическое табло
Цифровой сигнальный измеритель-индикатор мощности дозы ИР-01 ("Белла")	По цифровому табло 0,2-100 ($20 - 1 \cdot 10^4$)	Цифровое жидкокристаллическое табло, звуковые и световые сигналы на каждый импульс при

Тип детектора, энергия регистрируемых гамма-квантов, МэВ	Время набора информации, с	Время непрерывной работы от источника питания*, ч	Тип источника питания	Габаритные размеры, мм	Масса, г
Счетчик СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,05 - 1,5$	60 60 30 15	1600	2 элемента А-316 ("Квант")	135×70×25	190
Бета-гамма-счетчик СБМ-10 $E_\gamma = 0,05 - 3,0$	Непрерывное	300	2 аккумулятора Д 0,06	120×35×25	110

фона.

рогами сигнализации на светодиодах.

гамма-излучения для населения

Тип детектора, энергия регистрируемых гамма-квантов, МэВ	Время набора информации или постоянная времени, с	Время непрерывной работы от источника питания*, ч	Тип источника питания	Габаритные размеры, мм	Масса, г
2 счетчика СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,06 \div 3,0$	30	200	Элемент "Корунд" ("Крона")	160×80×50	340** (250)
Счетчик СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,04 \div 3,0$	10	200	3 элемента А-316	140×70×37	300
Счетчик СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,05 \div 1,25$	~ 40-60	1000	4 батареи СИ-32	123×40×14	80
Счетчик СБМ-20 с фильтром $E_\gamma = 0,05 \div 1,25$	60	200	Элемент "Корунд" ("Крона")	150×66×36	250

Наименование и тип прибора	Диапазон измерения (индикации) мощности дозы, мкЗв/ч (мкР/ч)	Вид индикации, сигнализации
		установке на режим "ПОИСК"
Цифровой сигнальный измеритель-индикатор мощности дозы ИР-02, ДБГ-01Н, ИР-03 (СИМ-07) "Белла-2"	По цифровому табло Режим "ИЗМЕРЕНИЕ" 0,1-100 (10-1·10 ⁴) Режим "ПОИСК" 0,1-1000 (10-10 ⁵)	Цифровое жидкокристаллическое табло, звуковые (световые) сигналы на каждый импульс при нажатии на кнопку
Цифровой сигнальный измеритель-индикатор мощности дозы ИМД-100 (СИМ-05) "Юпитер"	По цифровому табло Режим "ИЗМЕРЕНИЕ" 0,1-100 (10-1·10 ⁴) Режим "ПОИСК" 0,1-1000 (10-1·10 ⁵) По устанавливаемому порогу сигнализации 0,6-4 (60-400)	Цифровое жидкокристаллическое табло, короткие звуковые (световые) сигналы Лимб с цифрами, длинный звуковой сигнал
Цифровой дозиметр (измеритель мощности дозы) ДБГ-06Т	По цифровому табло Режим "ИЗМЕРЕНИЕ" 0,1-100 (10-1·10 ⁴) Режим "ПОИСК" 1-1000 (100-1·10 ⁵)	Цифровое жидкокристаллическое табло с подсветкой
Цифровой сигнальный дозиметр (измеритель мощности дозы) АН ИИ-01 "Сосна"	По цифровому табло 0,1-100 (10-1·10 ⁴) Оценка объемной активности 1,5·10 ² - 3·10 ³ Бк/л (5·10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁶ Ки/л)	Цифровое жидкокристаллическое табло, звуковые сигналы на каждый импульс
Цифровой комбинированный прибор РКСБ-104 (имеет режим оценки плотности потока бета-частиц)	По цифровому табло 0,1-100 (10-1·10 ⁴) Оценка удельной активности 2·10 ³ - 2·10 ⁶ Бк/кг (5,4·10 ⁻⁸ - 5,4·10 ⁻⁵ Ки/л)	Цифровое жидкокристаллическое табло, звуковая сигнализация, 31 порог сигнализации, устанавливаются кодовым переключателем
Цифровой дозиметр ДБГБ-01 ("Ратон-901")	По цифровому табло 0,1-100 (10-10 ⁴)	Цифровое жидкокристаллическое табло, звуковая сигнализация

* При уровне внешнего гамма-излучения, близком к уровню естественного фона

** Прибор ДБГБ-07Т выпускается в металлическом корпусе массой 340 г, а

Тип детектора, энергия регистрируемых гамма-квантов, МэВ	Время набора информации или постоянная времени, с	Время непрерывной работы от источника питания*, ч	Тип источника питания	Габаритные размеры, мм	Масса, г
2 счетчика СБМ-20 с фильтром $E_{\gamma} = 0,04 \div 3,0$	25 2,5	500	То же	150×66×36	280
2 счетчика СБМ-20 с фильтром $E_{\gamma} = 0,04 \div 3,0$	25 2,5	500	" "	135×70×30	250
4 счетчика СБМ-20 с фильтром $E_{\gamma} = 0,05 \div 3,0$	40 4	100	" "	165×85×50	600
4 счетчика СБМ-20 с открываемой крышкой-фильтром $E_{\gamma} = 0,06 \div 1,25$	20	~ 200	" "	132×82×45	300
2 счетчика СБМ-20 со снимаемой крышкой-фильтром $E_{\gamma} = 0,06 - 1,25$ $E_{\beta} = 0,2 - 3,0$	25 250	200	" "	154×77×38	400
1 счетчик СБМ-20 с фильтром $E_{\gamma} = 0,1 - 3,0$	60	> 100	" "	165×86×25	250

на.

прибор ДБГБ-07Т1 - в пластмассовом корпусе массой 250 г.

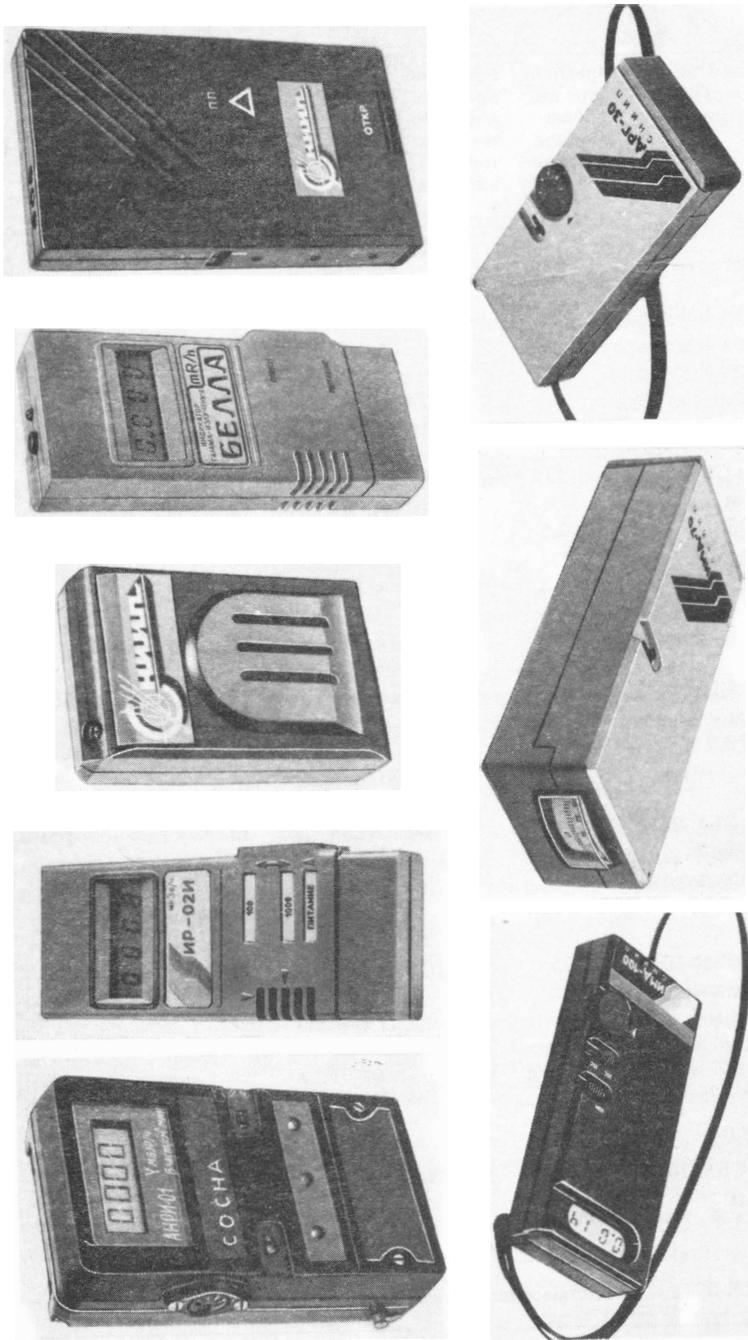


Рис. 3. Внешний вид дозиметрических приборов для населения

Оценку радиоактивного загрязнения (удельной или объемной активности) продуктов питания, кормов, воды и предметов по гамма-излучению проводят методом "Прямого измерения" на расстоянии 1–5 см от исследуемого объекта массой не менее 1 кг или объемом не менее 1 л по разности результатов измерений излучения от объекта и радиационного фона. При этом уровень внешнего гамма-фона, как правило, не должен превышать 0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкР/ч). При гамма-фоне более 0,2 мкЗв/ч (20 мкР/ч) для оценки загрязнения продуктов питания и кормов следует найти место с меньшим фоном. Если это невозможно, то оценку загрязнения следует проводить несколькими измерениями с большим количеством продуктов и кормов. Однако такие измерения требуют специальных знаний и навыков.

Необходимо знать, что отдельные продукты питания (например чай, сушеные грибы и др.) и вещества (например калийные удобрения и др.) могут иметь повышенную радиоактивность. В некоторых из них она может быть обусловлена повышенным содержанием калия.

Оценку уровня мощности дозы на местности, как правило, проводят на высоте 1 м от поверхности земли и на расстоянии не менее 30 м от зданий. Ориентировочную проверку (экспресс-анализ) на радиоактивное загрязнение, поиск локальных мест, а также быструю оценку уровня мощности осуществляют при малой постоянной времени или при наименьшем времени набора информации (режиме "ПОИСК"). Более детальный контроль уровня мощности дозы или разборокки загрязненных радиоактивными веществами продуктов питания и предметов проводят при большой постоянной времени (большой времени набора информации, режиме "ИЗМЕРЕНИЕ"), обеспечивающей меньшую погрешность измерений.

Мощность дозы для точечного гамма-источника зависит от активности источника A и расстояния до него R в соответствии с выражением $\sim A/R^2$, т.е. прямо пропорциональна активности источника и обратно пропорциональна квадрату расстояния от него. Поэтому при поиске локальных мест загрязнения и утерянных источников, а также для обеспечения безопасности следует учитывать, что с увеличением расстояния от источника в 10 раз мощность дозы уменьшается, примерно в 100 раз.

Изменение показаний при измерении продуктов питания, кормов и др. массой 1 кг, загрязненных цезием-137 до уровня 3,7 кБк/кг (10^{-7} Ки/кг), т.е. до уровня реагирования, соответствует примерно 0,1–0,15 мкЗв/ч (10–15 мкР/ч).

Если мощность дозы превышает 1,2 мкЗв/ч (120 мкР/ч), рекомендуется удалиться с данного места или находиться на нем не более шести месяцев в год. Если мощность дозы превышает 2,5 мкЗв/ч (250 мкР/ч), пребывание следует ограничить тремя месяцами (кварталом) в год, при превышении 7 мкЗв/ч (700 мкР/ч) – одним месяцем в год и т.д.

При превышении уровня реагирования 3,7 кБк/кг (10^{-7} Ки/кг), соответствующего радиоактивному загрязнению продуктов питания,

рекомендуется отказаться от их потребления или ограничить потребление вдвое по сравнению с обычным рационом. Если излучение от продуктов питания повысит мощность дозы до 0,3 мкЗв/ч (30 мкР/ч) над уровнем фона, то потребление должно составлять не более 0,25 обычного рациона, при 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч) – не более 0,1 и т.п.

В случае превышения уровней реагирования по внешнему гамма-излучению или радиоактивному загрязнению продуктов питания рекомендуется сообщить об этом представителям санитарно-эпидемиологической службы и получить от них квалифицированные сведения об истинном уровне излучения или загрязнения, их степени опасности и рекомендации о поведении в этих условиях. Загрязнению местности цезием-137 на уровне 1 Ки/км² соответствует, как уже отмечалось, изменение уровня мощности дозы на 0,03–0,1 мкЗв/ч (3–10 мкР/ч).

В каждом конкретном случае измерения необходимо проводить по методике, приводимой в инструкции по применению прилагаемой к каждому прибору.

При работе старайтесь не касаться исследуемых веществ и предметов руками и приборами, так как это может привести к загрязнению прибора и дополнительному увеличению его показаний. Для предотвращения загрязнения прибора его можно помещать в тонкий полиэтиленовый чехол, пакет и т.п.

Проверку работоспособности прибора осуществлять без специальных искусственных источников поднесением прибора к древесной золе (от березовых дров), удобрению из хлористого калия массой около 1 кг. Например, от калийного удобрения увеличение гамма-фона может составлять 0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкР/ч).

Обращаться с приборами следует аккуратно, необходимо следить за состоянием источников питания, регулярно проверять работоспособность прибора. В этом случае дозиметрический прибор позволит правильно ориентироваться в окружающей среде и своевременно предупредит от воздействия ионизирующего излучения.

Дозиметрические приборы градуируются относительно источника цезия-137. В пределах погрешности измерения приборов для перехода от мощности эквивалентной дозы (дозы) к мощности экспозиционной дозы (дозе) принимают коэффициент равный 100, т.е. 1 мкЗв/ч = 100 мкР/ч или 1 мкЗв = 100 мкР. В некоторых приборах могут быть применены режимы измерений с переключением: мощность эквивалентной дозы, мощность экспозиционной дозы.

Показания дозиметрического прибора отличаются от измерения к измерению из-за статистического (случайного) характера процесса радиоактивного распада и чем меньше измеряемое значение, тем больше эти отличия (флуктуации). Для уменьшения погрешности измерения необходимо увеличивать время измерения, а в приборах с постоянным (фиксированным) временем измерения рекомендуется проводить измерения 3–10 раз.

За измеренное значение, например, мощности эквивалентной дозы фотонного излучения, принимают среднее значение \bar{H} из m показаний, вычисленное по формуле

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^m \dot{H}_i}{m}$$

где m – число показаний: $m = 3 \div 10$.

Вместе с тем следует учитывать, что в соответствии с концепцией СРКН дозиметрические приборы для населения обеспечивают измерение или оценку мощности дозы внешнего гамма-излучения и практически не чувствительны к бета-излучению (если в них не предприняты специальные меры для обеспечения регистрации бета-частиц, например съемный фильтр детектора-счетчика Гейгера или торцевого бета-, гамма-счетчика). Они также не чувствительны к мягкому рентгеновскому и тормозному излучению (цветного телевизора, цветных дисплеев ЭВМ, рентгеновских установок с ускоряющим напряжением на трубке менее 60–80 кВ и др.), альфа-частицам и нейтронам. Поэтому с помощью указанных приборов не представляется возможным оценивать радиационную обстановку от всех видов естественных и техногенных источников облучения, указанных в предыдущих разделах, в том числе и в табл. 1. Приборы не подлежат применению при медицинских рентгенологических и радиологических процедурах и исследованиях.

В дополнение к Концепции СРКН разработаны и освоены в производстве комбинированные дозиметрические приборы (бытовые дозиметры-радиометры), позволяющие как и "Поиск-2", "Сосна", "Припят" и ИР-03 одновременно с измерением мощности дозы гамма-излучения и оценкой загрязнения по гамма-излучению проводить оценку степени загрязнения поверхностей по бета-излучению. Детекторы таких приборов содержат торцевой бета-гамма-счетчик с тонким входным окном большой площади (СБТ-11, СБТ-10, СИ-8), обеспечивающий регистрацию бета-частиц начиная с малых энергий, и съемную крышку-фильтр. Это приборы МС-04Б ("Эксперт"), РКС-100 (ИРД-02) и РКС-300 (ИРД-03).

Интерпретация результатов оценки загрязнения по бета-излучению с помощью таких приборов должна проводиться специалистами-профессионалами, работающими в организациях, имеющих право на выдачу официальных заключений.

Разработан также автомобильный индикатор гамма-излучения ИРА-1 (ДБГ-04Б), в котором в выносном блоке детектирования применены в качестве детектора два счетчика СБМ-20 с фильтром, а индикация осуществляется с помощью 10 светодиодов. Индикация превышения уровня реагирования 0,12 мкЗв/ч (120 мкР/ч) обеспечивается отдель-

ным светодиодом и звуковым сигналом. Переключение шкал автоматическое.

Возможны и другие модификации бытовых дозиметрических приборов, например, сетевые дозиметрические приборы, для установки в жилых и подсобных помещениях и местах, где имеется сетевое питание, в том числе малогабаритные приборы с установленной на корпусе вилкой и включаемые в розетку без сетевого шнура. Разработаны и разрабатываются модификации дозиметрических приборов, встраиваемые в изделия бытовой электронной техники (электронные часы, радиоприемники, телевизоры, персональные ЭВМ) или подключаемые к ним, с использованием источников питания, органов управления, сигнализации и индикации этих изделий.

Разработаны и выпускаются также простейшие миниатюрные индикаторы в виде брелка, часов с детекторами, например, счетчиками Гейгера без фильтра, типа БИРИ-1, ДРГ-02Б ("Сверчок-2"), предназначенные для поиска локальных мест с повышенным уровнем бета-, гамма-излучений без привязки к значениям физических величин.

Применение населением дозиметрических приборов совместно с другими бытовыми средствами измерений, автоматикой и техники будет способствовать созданию "интеллектуального дома".

Организационное и правовое обеспечение, связанное с применением населением дозиметрических приборов

Поскольку население полностью не подготовлено к восприятию незнакомой и сложной информации в области радиационной безопасности и дозиметрии ионизирующих излучений, началу широкой продажи и распространения среди населения дозиметрических приборов должны предшествовать мероприятия средств массовой информации, органов Минздрава, Госкомгидромета, Минатомэнергопрома, Госкомиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам и местной власти.

В мероприятия должны входить:

получение населением знаний об источниках радиационной опасности в нормальной обстановке и при возможных авариях, мерах защиты и правилах поведения в различных ситуациях;

создание на ядерно и радиационно опасных объектах (например АЭС) комитетов или служб по связи с населением;

доведение до сведения населения значений допустимых уровней внешнего облучения, загрязнения продуктов питания, кормов, поверхностей, действующих в различных условиях и при различной радиационной обстановке;

проведение широкой разъяснительной работы о величинах и единицах измерений в области дозиметрии и радиометрии ионизирующих излучений в системе СИ (эквивалентная доза и мощность эквивалент-

ной дозы, зиверт, беккерель и др.), соотношениях этих величин и единиц старым (экспозиционная доза и мощность экспозиционной дозы, рентген, кюри и др.), о статистическом характере явлений и интерпретации результатов измерений;

переход на величины и единицы системы СИ всех средств массовой информации (радио, телевидение, печать);

разработка рекомендаций для населения о действиях при выявлении повышенных уровней радиации, загрязнения продуктов питания, кормов, ухудшении радиационной обстановки (локальной, общей, кратковременной, ежегодной);

создание номенклатурного сборника (каталога или справочника) по дозиметрическим и радиометрическим приборам для населения, в котором должны быть приведены технические, эксплуатационные и коммерческие характеристики приборов;

разработка правил применения приборов в различной радиационной обстановке;

разработка документа, определяющего порядок, нормы и сроки компенсации ущерба, нанесенного коллективам и частным лицам в случае их переоблучения, потери продуктов питания, кормов из-за загрязнения, ответственность за выдачу ложной информации;

создание в городах и других населенных пунктах сервиса приборов, включая возможность получения приборов из обменного фонда, снятия за небольшую плату (до 1 руб.) показаний с индивидуальных дозиметров и проверку работоспособности сигнализаторов-индикаторов и измерителей-индикаторов ("Спецсервисприбор");

создание фирмы по коммерческой рекламе и пропаганде.

Первоначально должна быть также проведена оценка стоимости всей программы обеспечения населения дозиметрическими приборами с учетом их разработки, ожидаемого объема выпуска, потребности, эксплуатации, сервисного обеспечения.

Особое внимание должно быть уделено обучению населения правильному обращению с приборами, составлению паспортов, описаний и табличек к ним, принимая во внимание различие групп населения по образованию и подготовленности к применению дозиметрических приборов. Как уже отмечалось в Концепции СРКН, в их создании должны принимать участие не только специалисты по дозиметрии, радиометрии и ядерному приборостроению, но и медики. Целесообразно также привлечь к их созданию и психологов. В описаниях и инструкциях должно быть указано, что разовое измерение не является критерием для оценки облучения в течение года, поскольку отдельные результаты и измерения могут превышать средние значения, а годовая доза — не превышать установленных норм, что приборы не подлежат применению при медицинских рентгенологических и радиологических процедурах и исследованиях. В описаниях и табличках к приборам, а также на шкалах и корпусах приборов необходимо указывать мощность эквивалентной дозы

в мкЗв/ч с параллельным обозначением мкР/ч с целочисленным множителем, чтобы у населения не было опасений насчет неправильного определения уровней облучения, загрязнения продуктов питания, кормов и т.п. В технических описаниях (паспортах) должно быть указано, что результаты измерений этими приборами не могут использоваться для официальных заключений о радиационной обстановке и следует давать указания на необходимость при превышении уровня реагирования обращения в Центр ИДК или СЭС Минздрава СССР, которые обеспечены специальными измерительными приборами и методиками, а населению соблюдать нормы радиационной безопасности. В этих документах также должно быть указано на недопустимость самовольного вскрытия запломбированных отсеков дозиметрических приборов и зарядных устройств из-за наличия в них источников или цепей высокого напряжения, на необходимость соблюдения правил электробезопасности.

В описаниях приборов должны быть также приведены указания о возможности проверки работоспособности приборов, например по частоте сигналов с детектора от естественного радиационного фона, от калийных удобрений. Проверку измерительных приборов целесообразно осуществлять в территориальных отделениях ВО "Изотоп", СЭС, центрах стандартизации и метрологии Госстандарта СССР.

В связи с продажей населению дозиметрических приборов необходимо провести переподготовку персонала и доукомплектовать службы Минздрава, Госкомгидромета, Госкомиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам и ГО СССР, оснащение их более совершенными носимыми, стационарными и передвижными приборами и установками.

При подготовке новых "Норм и правил радиационной безопасности НПРБ-90" необходимо расширить и уточнить с учетом концепции СРКН разделы, относящиеся к радиационной безопасности населения категории В. Во всей этой работе следует исходить из того, что населению нужна всесторонняя, достоверная и объективная информация, чтобы не было кризиса доверия, поскольку то, что слишком хорошо известно, перестает вызывать страх, а признаки радиофобии возникали часто из-за отсутствия достоверной информации.

Целесообразно организовать Государственную систему радиационной безопасности населения, основными звеньями которой должны стать государственный и региональные центры радиационного контроля населения. Примерная схема системы приведена на рис. 4.

На центры целесообразно возложить:

- централизованный радиационный контроль или радиационный мониторинг, в задачи которого должны войти фиксация на местности, слежение и прогнозирование радиационной обстановки;
- централизованный индивидуальный дозиметрический контроль;
- выдачу соответствующих рекомендаций и предложений по результатам измерений;

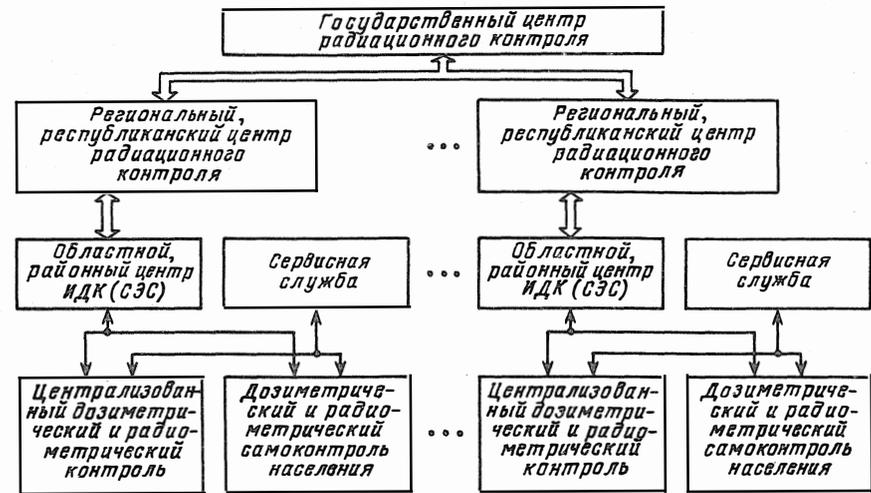


Рис. 4. Схема Государственной системы радиационной безопасности населения

организацию и проведение противорадиационных мероприятий; методическое руководство по дозиметрическому самоконтролю населения;

определение объема и периодичности ИДК, выбор контингента, подлежащего контролю;

определение порядка формирования данных по регионам и стране; разработку и организацию системы выдачи индивидуальных дозиметров населению, сбора, обобщения и анализа полученной информации; снятие показаний и выдачу информации о полученных дозах, уровне загрязнений продуктов питания, кормов и т.д., определение тенденции изменения коллективной дозы, степени опасности;

обнаружение и установление причин превышения установленных уровней (месячных, квартальных, годовых) и передачу данной информации на вышестоящий уровень;

взаимодействие центров Государственной системы с ведомственными органами радиационного контроля, с руководством предприятий, совхозов, колхозов и местными органами власти;

обучение персонала всех служб системы;

повышение радиационной грамотности населения;

организацию проверки, поверки и сличения дозиметрических приборов, создание обменного фонда и аварийного запаса приборов;

разработку методов автоматизированной обработки дозиметрической и радиометрической информации и передачи ее в ЭВМ;

организацию бесперебойной передачи данных от нижних уровней системы в вышестоящие уровни (центры);

организацию, при необходимости, бесплатного обеспечения дозиметрами населения загрязненных районов;

разработку методики определения и измерения доз от внутреннего облучения человека и суммарной дозы от внешнего и внутреннего облучения;

разработку методов дозиметрии без дозиметров, обеспечивающих восстановление уровней облучения населения, оказавшегося в загрязненных районах без индивидуальных дозиметров;

разработку медико-технических требований к новым дозиметрическим и радиометрическим приборам и установкам для измерения гамма-излучения;

разработку методик и приборов контроля альфа-, бета-, и нейтронного излучений, контроля аэрозолей и газов.

Руководство центрами, которые уже начали создавать ряд республик и областей, целесообразно возложить на Минздрав СССР. Службы сервиса наряду с центрами должны осуществлять проверку работоспособности приборов, а также их ремонт и обеспечение консультаций по их применению. К централизованному контролю населения целесообразно подключить и предприятия, имеющие службы радиационной безопасности, агрохимические и ветеринарные лаборатории, сетевые подразделения по гидрометеорологии, находящиеся в пределах зон возможного радиоактивного загрязнения, в которых необходимо создать радиологические отделения.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Авария на Чернобыльской АЭС: год спустя/В.Г. Асмолов, А.А. Боровой, В.Ф. Демин и др.//Атомная энергия. 1988. Т. 64. Вып. 1. С. 3–23.
- Антонов В.П. Уроки Чернобыля: радиация, жизнь, здоровье. Киев: Изд-во общества "Знание" УССР, 1989.
- Биофизические основы действия космической радиации и излучений ускорителей. Проблемы космической биологии/Под ред. В.В. Антипова. Т. 60. М.: Наука, 1989.
- Бытовые дозиметрические приборы – новый класс изделий ядерного приборостроения/В.В. Матвеев, Б.В. Поленов, Н.В. Рябов, К.Н. Стась//Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерное приборостроение. Вып. 2. М.: ГК ИАЭ, 1989. С. 24–30.
- Кириллов В.Ф., Книжников В.А., Коренков И.П. Радиационная гигиена. М.: Медицина, 1988.
- Ковалев Е.Е. Радиационный риск на Земле и в космосе. М.: Атомиздат, 1976.
- Методические указания, Внедрение и применение ГОСТ 8.417–81 "ГСИ. Единицы физических величин в области ионизирующих излучений".
- Нормы радиационной безопасности НРБ–76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП–72/87. М.: Энергоатомиздат, 1988.
- Поплавский К.К. Оценка уровней облучения различных групп населения РСФСР/Гигиена и санитария. 1986. № 7. С. 36–38.
- Приборы для индивидуального и группового дозиметрического контроля внешнего облучения и радиометрических измерений/В.В. Матвеев, И.Д. Мурин, Б.В. Поленов, Н.В. Рябов, К.Н. Стась//Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерное приборостроение. Вып. 3. М.: ГК ИАЭ, 1987. С. 80–91.
- Принципы нормирования облучения населения от естественных источников ионизирующих излучений. Публикация 39 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1986.
- Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской атомной электростанции/Ю.А. Израэль, В.Н. Петров, С.И. Авдюшин и др.//Метеорология и гидрология. 1987. № 2. С. 5–18.
- Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
- Рекомендации МКРЗ. Радиационная защита населения: Пер. с англ./Под ред. А.А. Моисеева, Р.М. Алексахина. М.: Энергоатомиздат, 1987.

- Сивинцев Ю.В. Насколько опасно облучение. М.: Знание, 1988.
- Факты о малоинтенсивном излучении. МАГАТЭ, Отдел общественной информации, 89–541, Вена, 1989.
- Филюшкин И.В., Петоян И.М. Теория канцерогенного риска воздействия ионизирующего излучения. М.: Энергоатомиздат, 1988.
- Холл Дж.Х. Радиация и жизнь. М.: Медицина, 1989.
- Ядерная энергетика, человек и окружающая среда/Н.С. Бабаев, В.Ф. Демин, Л.А. Ильин и др.; Под ред. А.П. Александрова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984.
- Maushart R. Mensch Meier und die Becquerels. Teil 1–2. Glas-Instrum. Technik. Fachz. Lab., v. 31, N 1, 1987. S. 21–25 und N 2. 1987. S. 81–86.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Основные понятия и термины в области дозиметрии ионизирующих излучений	5
Основные нормативные требования по радиационной безопасности населения	11
Уровни облучения человека в нормальных условиях и условиях, связанных с аварией на Чернобыльской АЭС	14
Положения концепции системы радиационного контроля, осуществляемого населением, и обеспечения его средствами дозиметрического контроля	21
Основные характеристики дозиметрических приборов для населения	24
Современные средства дозиметрического контроля внешнего облучения	26
Дозиметрические приборы для радиационного контроля населением среды обитания	37
Организационное и правовое обеспечение, связанное с применением населением дозиметрических приборов	53
Список рекомендуемой литературы	58

ВНИМАНИЕ!

Бытовые дозиметры

”БЕЛЛА”

РКСБ-104

”МАСТЕР-1”

”БЕРЕГ”

СИМ-05

ИРД-02Б

Научно-популярное издание

Поленов Борис Владимирович

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Редактор В. К. Мелешко

Художественный редактор Б. Н. Тумин

Художник обложки В. Ф. Громов

Технический редактор Л. А. Волкова

Корректор С. В. Малышева

ИБ № 3688

Набор выполнен в издательстве. Подписано в печать с оригинала-макета 06.12.90.
Формат 60 x 88 1/16. Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Усл. печл. 3,92.
Усл.кр.-отт. 4,34. Уч.-издл. 3,99. Тираж 80000 экз. Заказ 6307. Цена 50 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано в Московской типографии № 9 МПО ”Всесоюзная книжная палата”

Государственного комитета СССР по печати.

109033, Москва, Волочаевская ул., 40.

реализуются территориальными предприятиями Всесоюзного объединения ”Изотоп”, а также через магазины розничных торгов (Роскультторг, Республиканская база по сбыту культуртоваров УКООПсоюза, базы Минторга БССБ и др.).

Справки о наличии дозиметров и конкретных магазинах, через которые идет продажа дозиметров для данного региона, можно получить в соответствующем территориальном предприятии В/О ”Изотоп”.

АДРЕСА И ТЕЛЕФОНЫ

Головная организация В/О "Изотоп":

119435, Москва, Погодинская ул., 22. 245-18-67
117261, Москва, Ленинский просп., 70/11. тел. 930-31-03;
930-35-56; 930-43-00.

Ленинградское межреспубликанское предприятие:

191002, Ленинград, Загородный просп., 13. тел. 315-34-59;
315-82-14.

Белорусский филиал Ленинградского предприятия:

220048, Минск, просп. Машерова, 23. тел. 26-92-80.

Киевское межреспубликанское предприятие:

252006, Киев, ул. Горького, 152. тел. 226-30-80; 268-31-34.

Ташкентское межреспубликанское предприятие:

700135, Ташкент, Чиланзар, квартал "Ц", 6 А, тел. 76-54-10;
76-67-84.

Свердловское межобластное предприятие:

620142, Свердловск, ул. Белинского, 143. тел. 22-31-49;
22-74-72.

Хабаровское межобластное предприятие:

680020, Хабаровск, ул. Волочаевская, 83. тел. 33-70-20;
33-26-94.