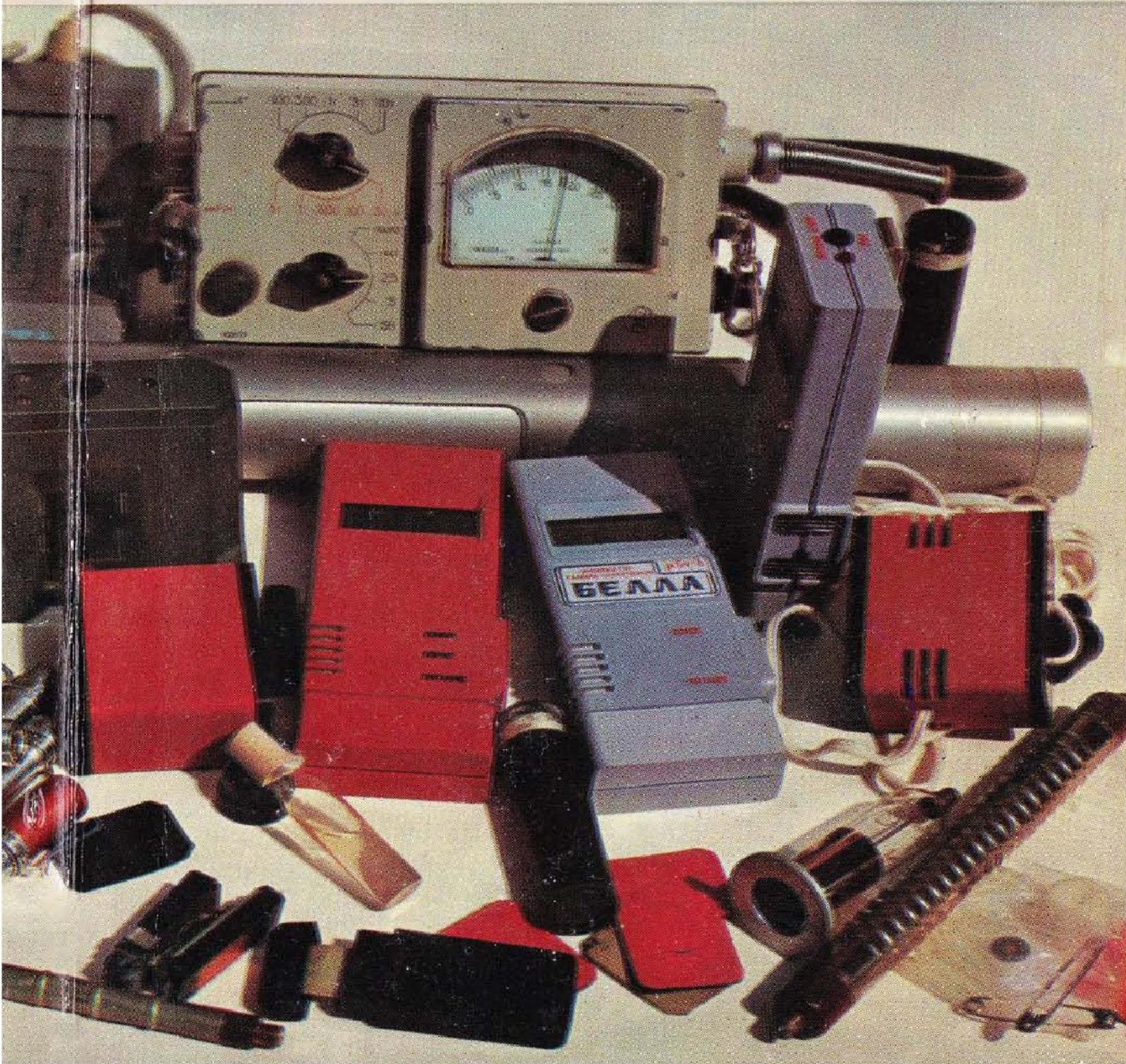


В. Ф. АВСЕЕНКО

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИЗМЕРЕНИЯ



В.Ф.АВСЕЕНКО

**ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ
И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПРИБОРЫ
И ИЗМЕРЕНИЯ**

КИЕВ УРОЖАЙ 1990

Рецензенты: **С.Е. Чулков** — заведующий Центральной службой радиационной безопасности Академии наук УССР; **А.А. Старинский** — начальник конструкторского бюро, заместитель главного конструктора завода «Киевгеофизприбор», кандидат технических наук; **П.А. Мартыненко** — начальник радиологического контроля Укоопсоюза

Авсеенко В.Ф.

Дозиметрические и радиометрические приборы и измерения. — К.: Урожай, 1990, — 144 с.
ISBN 5-337-00972-9.

Приведены данные по основам радиологии, дозиметрии и экспрессным методам определения радиоактивности пищевых продуктов, воды, почвы и других объектов окружающей среды.

Описаны применяемые в быту дозиметры и радиометры «Бриз», «Рось», «Белла», «Десна», «Припять», «Бета», «Поиск» и др., их технические характеристики, классификация и порядок работы с ними.

Даны рекомендации владельцам индивидуальных хозяйств и дачных участков о методах дезактивации, очистки пищевых продуктов и воды от радиоактивных веществ.

Рассчитана на владельцев приусадебных хозяйств, дачных участков, широкий круг читателей, а также может быть использована в качестве учебного пособия по курсу гражданской обороны в общеобразовательных школах и училищах профтехобразования.

ВВЕДЕНИЕ

В результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году произошло радиоактивное загрязнение значительных территорий как у нас в стране, так и за рубежом.

На Украине — в северной части Киевской, Житомирской, Ровенской и других областях загрязнились поля, луга, леса, пастбища, открытые водоемы, другие объекты окружающей среды, что не только осложнило сельскохозяйственные работы агропромышленного комплекса, лесоводство, но и затруднило ведение приусадебного хозяйства в сельской местности, а для многих горожан — на дачных садово-огородных участках.

Известно, что радиоактивное загрязнение местности представляет собой серьезную опасность для здоровья и жизни людей, если его не учитывать и не принимать определенных технических и профилактических мер. Поражающее действие радиоактивных веществ (радионуклидов) вызывается ионизирующими излучениями, воздействие которых может ухудшить здоровье людей и животных, а также привести к серьезным заболеваниям. Опасность радиоактивных излучений усугубляется еще и тем, что все они невидимы и до заболевания непосредственно не ощущаются человеком. Обнаружить и измерить радиоактивные излучения можно лишь с помощью специальных технических средств — приборов радиационного контроля.

Осложнения радиационной обстановки в ряде областей и районов, а также отсутствие четкой и оперативной информации о ней создают, кстати не всегда оправданную, социальную напряженность в некоторых населенных пунктах, подвергшихся загрязнению. Этому способствовало также отсутствие гласности в оценке загрязнения и потенциальной опасности для их жителей.

С целью ослабления социальной напряженности целесообразно повысить уровень «радиационного образования» населения путем повсеместного проведения лекций и бесед, издания доступной научно-популярной литературы, а также привлечения заинтересованной части населения к работам по оценке радиационной обстановки по месту жительства. Этому способствует утвержденная 12.07.1989 года Главным Государственным санитарным врачом СССР «Концепция создания и функционирования системы радиационного контроля, осуществляемого населением (СРКН)».

В настоящее время принято решение о промышленном производстве и продаже населению доступных дозиметрических приборов и несложных, недорогих радиометров («Белла», «Бриз», «Рось», «Припять», «Десна», «Бета», «Поиск» и др.). Это позволит наряду с официальным контролем соответствующими службами Госагропрома, Минздрава, Госкомгидромета, Академии наук и других ведомств проводить оперативный личный контроль на дачных участках, в приусадебных хозяйствах и городских квартирах уровней радиации, поверхностного загрязнения, а также радиоактивности воды, пищевых продуктов, сырья, кормов для животных и т. д.

Для правильного использования этих приборов приводятся некоторые данные об основных свойствах, видах и источниках радиоактивных излучений, единицах

их измерений, а также о допустимых нормах облучения людей и радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды, в том числе и пищевых продуктов.

Но мало выявить радиоактивное загрязнение, важно знать и как от него избавиться, а также правильно выбирать необходимые профилактические приемы и мероприятия.

Материал книги изложен в строгом соответствии с «Нормами радиационной безопасности (НРБ-76/87)» и «Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП-72/87)», а также с ГОСТами и другими нормативно-регламентирующими документами.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЯХ И ИХ ПОРАЖАЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ

Основные свойства, виды и источники радиоактивных излучений

В течение своей жизни и всего биологического развития человек облучался и в настоящее время продолжает подвергаться воздействию радиоактивного излучения от естественного природного фона. Это относится ко всему населению земного шара и речь идет о естественной радиоактивности.

Естественные источники излучения, производящие этот фон, разделяют на две категории: внешнего и внутреннего облучения. К внешним относятся космические (галактические) излучения, солнечная радиация, излучения от горных пород земной коры и воздуха. Облучают нас даже собственные стены, то есть стройматериалы, из которых изготовлены здания и сооружения.

Например, в Швеции был измерен фон излучения почти в тысяче квартир (677 домов из 13 городов), построенных из различных материалов: деревянные, кирпичные, бетонные и каменные. Все они были построены до 1946 года, то есть до начала крупных испытаний атомного оружия. Результаты измерений показали, что в деревянных строениях фоновые облучения человека примерно в два раза ниже, чем на открытой местности, в кирпичных — примерно такие же, бетонных — в два, а в гранитных примерно в четыре раза выше, чем на открытой местности.

Внутреннее облучение человека обусловлено теми естественными радиоактивными веществами, которые попадают внутрь организма с воздухом, водой, продуктами питания. Это радиоактивные газы, которые поступают из глубины земных недр (радон, торон и др.), а также радиоактивный калий, уран, торий, рубидий, радий, которые входят в состав пищевых продуктов, растений и воды.

1. Содержание природных радионуклидов в пищевых продуктах

Продукт	Удельная радиоактивность, Бк/кг *, по	
	калию-40	радию-226
Пшеница	148,0	0,074—0,096
Картофель	129,5	0,022—0,044
Горох	273,8	0,29—0,87
Говядина	85,1	0,029—0,074
Рыба	77,7	0,015—0,027
Молоко	44,4	0,001—0,0099
Свинина	33,3	—
Масло сливочное	3,7	0,037—0,011
Вода речная	0,037—0,592	0,009—0,080

* Бк/кг — единица удельной радиоактивности. Будет рассмотрена в следующем разделе

Так, в пшеничном хлебе содержание урана в среднем составляет $41 \cdot 10^{-8}$, гречневой крупе - $42 \cdot 10^{-8}$ говядине - $1,4 \cdot 10^{-8}$, рыбе - $1,1 \cdot 10^{-8}$, молоке - $0,4 \cdot 10^{-8}$. Радиоактивный калий в большей степени накапливается в бобовых растениях: горохе, бобах, фасоли, сое, что подтверждается данными, приведенными в табл. 1.

До недавнего времени среднегодовая доза облучения всего тела естественными источниками ионизирующих излучений примерно была равна 100 мбэр¹. Однако с учетом техногенно усиленного фона, по данным Научного комитета ООН по действию атомной радиации в 1982 г., значение эффективной дозы облучения увеличилось в два раза — 200 мбэр в год. Распределяется она от различных источников излучения следующим образом, мбэр/год:

Внеземное (космическое)	30
Земное:	
внешнее (калий, уран, торий)	30
внутреннее (калий, рубидий, уран, торий)	71
Всего	131

Среднегодовые дозы облучения от естественных источников излучений с учетом техногенно усиленного фона, мбэр:

От внеземного:	
внешнее	30
внутреннее	1
От земного: внешнее	
на улице	6
в доме	29
внутреннее (торий, калий, рубидий, уран)	

¹ Бэр — единица эквивалентной дозы облучения человека. Будет рассмотрена в следующем разделе

ингаляция на улице	9
ингаляция в доме	94
поступление с пищей	16
другие поступления	19
Всего	204

В настоящее время от естественного фона жители крупных городов за год получают дозу в полтора-два раза большую, чем сельские, что объясняется урбанизацией общества и ростом промышленности в городах.

Так что же такое радиоактивность?

Радиоактивность — это природное явление, когда происходит самопроизвольный распад ядер атомов, при котором возникают излучения. По своей физической природе это потоки элементарных, быстро движущихся частиц, входящих в состав атомных ядер, а также их волновое электромагнитное излучение. Эти излучения имеют большую энергию. Их общим свойством является способность ионизировать вещество, среду, в которой они распространяются: воздух, воду, металлы, человеческий организм и т. д. При этом нейтральные атомы и молекулы вещества распадаются на пары положительно и отрицательно заряженных частиц — ионов. Ионизация вещества всегда сопровождается изменением его основных физико-химических свойств, а для биологической ткани — нарушением ее жизнедеятельности. Поэтому радиоактивные излучения оказывают на живой организм поражающее действие. Для ионизации вещества требуется затрата определенной энергии внешних сил. Поэтому, проникая в вещество и ионизируя его, радиоактивное излучение постепенно теряет свою энергию.

Ионизирующая способность радиоактивного излучения зависит от его типа и энергии, а также свойства ионизирующего вещества и оценивается удельной ионизацией, которая измеряется количеством ионов этого вещества, создаваемых излучением на длине в 1 см. Чем больше величина удельной ионизации, тем быстрее расходуется энергия излучений, т. е. тем меньший путь пройдет излучение в веществе до полной потери своей энергии. Поэтому чем больше ионизирующая способность излучения, тем меньше его проникающая способность, и наоборот.

Поражение человека радиоактивными излучениями возможно в результате как внешнего, так и внутреннего облучения. Внешнее облучение создается радиоактивными веществами, находящимися вне организма, а внутреннее — попавшими внутрь с воздухом, водой и пищей. Очевидно, что при внешнем облучении наиболее опасны излучения, имеющие высокую проникающую способность, а при внутреннем — ионизирующую.

Считают, что внутреннее облучение более опасно, чем внешнее, от которого нас защищают стены помещений, одежда, кожные покровы, специальные средства защиты и др.

Внутреннее же облучение воздействует на незащищенные ткани, органы, системы тела, причем на молекулярном, клеточном уровне. Поэтому внутреннее облучение поражает организм больше, чем такое же внешнее.

Основные типы радиоактивных излучений: альфа, бета, нейтронные (группа корпускулярных излучений), рентгеновские и гамма-излучения (группа

волновых). Корпускулярные¹ представляют собой потоки невидимых элементарных частиц, имеющих массу и диаметр. Волновые излучения имеют квантовую природу. Это электромагнитные волны в сверхкоротковолновом диапазоне.

Альфа-излучение представляет собой поток альфа-частиц, распространяющихся с начальной скоростью около 20 тыс. км/с. Их ионизирующая способность огромна, а так как на каждый акт ионизации тратится определенная энергия, то их проникающая способность незначительна: длина пробега в воздухе составляет 3-11 см, а в жидких и твердых средах — сотые доли миллиметра. Лист плотной бумаги полностью задерживает их. Надежной защитой от альфа-частиц является также одежда человека.

Поскольку альфа-излучение имеет наибольшую ионизирующую, но наименьшую проникающую способность, внешнее облучение альфа-частицами практически безвредно, но попадание их внутрь организма весьма опасно.

Бета-излучение — поток бета-частиц, которые в зависимости от энергии излучения могут распространяться со скоростью, близкой к скорости света (300 тыс. км/с). Заряд бета-частиц меньше, а скорость больше, чем у альфа-частиц, поэтому они имеют меньшую ионизирующую, но большую проникающую способность. Длина пробега бета-частиц с высокой энергией составляет в воздухе до 20 м, воде и живых тканях — до 3 см, металле — до 1 см. На практике бета-частицы почти полностью поглощают оконные или автомобильные стекла и металлические экраны толщиной в несколько миллиметров. Одежда поглощает до 50 % бета-частиц.

При внешнем облучении организма на глубину около 1 мм проникает 20-25 % бета-частиц. Поэтому внешнее бета-облучение представляет серьезную опасность лишь при попадании радиоактивных веществ непосредственно на кожу (особенно на глаза) или же внутрь организма. Так, после Чернобыльской аварии наблюдались бета-ожоги ног за 50-100 км от АЭС (например, в г. Народичи Житомирской области). Поэтому местному населению не рекомендовалось ходить по земле босиком.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов, скорость распространения которых достигает 20 тыс. км/с. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, они легко проникают в ядра атомов и захватываются ими. При ядерном взрыве большая часть нейтронов выделяется за короткий промежуток времени. Они легко проникают в живую ткань и захватываются ядрами ее атомов. Поэтому нейтронное излучение оказывает сильное поражающее действие при внешнем облучении. Лучшими защитными материалами от них являются легкие водородсодержащие материалы: полиэтилен, парафин, вода и др.

Гамма-излучение — это электромагнитное излучение, испускаемое ядрами атомов при радиоактивных превращениях. Оно, как правило, сопровождает бета-распад, реже альфа-распад. По своей природе гамма-излучение представляет собой электромагнитное поле с длиной волны 10^{-8} — 10^{-11} см. Оно испускается отдельными порциями (квантами) и распространяется со скоростью света. Ионизирующая способность его значительно меньше, чем у бета-частиц и тем более у альфа-частиц. Зато гамма-излучение имеет наибольшую проникающую

¹ Слово корпускулярные происходит от греческого «корпускула» — частица

способность и в воздухе может распространяться на сотни метров. Для ослабления его энергии в два раза необходим слой вещества (слой половинного ослабления) толщиной: воды — 23 см, стали — около 3, бетона — 10, дерева — 30 см. Из-за наибольшей проникающей способности гамма-излучение является важнейшим фактором поражающего действия радиоактивных излучений при внешнем облучении.

Хорошей защитой от гамма-излучений являются тяжелые металлы, например свинец, который для этих целей используется наиболее часто.

Рентгеновские излучения (икс-лучи) были открыты первыми из всех ионизирующих излучений и наиболее хорошо изучены. У них та же физическая природа (электромагнитное поле) и те же свойства, что и у гамма-излучений. Их различают прежде всего по способу получения, и в отличие от гамма-лучей они имеют внеядерное происхождение. Излучение получают в специальных вакуумных рентгеновских трубках при торможении (ударе о специальную мишень) быстро летящих электронов. Энергия квантов рентгеновских лучей несколько меньше, чем гамма-излучения большинства радиоактивных изотопов; соответственно несколько ниже их проникающая способность. Однако это второстепенные различия. Поэтому рентгеновские лучи широко используют вместо гамма-излучения, в частности для экспериментального облучения животных, семян растений и т. п. С этой целью применяют рентгеновские установки для облучения (просвечивания) людей. Лучшими защитными материалами от рентгеновских лучей являются тяжелые металлы и в частности свинец.

В последние десятилетия появилась возможность получать электромагнитные излучения высокой энергии с помощью ускорителей заряженных частиц. Такое синхротронное излучение обладает теми же свойствами, что и рентгеновское и гамма-излучение.

В настоящее время основными источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды являются:

урановая промышленность, которая занимается добычей, переработкой, обогащением и приготовлением ядерного топлива. Основным сырьем для этого топлива является уран-235. Аварийные ситуации могут возникнуть при изготовлении, хранении и транспортировке тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов). Однако вероятность их незначительная;

ядерные реакторы разных типов, в активной зоне которых сосредоточены большие количества радиоактивных веществ;

радиохимическая промышленность, на предприятиях которой производится регенерация (переработка и восстановление) отработанного ядерного топлива. Они периодически сбрасывают сточные радиоактивные воды, хотя и в пределах допустимых концентраций, но тем не менее в окружающей среде неизбежно могут накапливаться радиоактивные загрязнения. Кроме того, некоторое количество радиоактивного газообразного йода (йод-131) все-таки попадает в атмосферу;

места переработки и захоронения радиоактивных отходов из-за случайных аварий, связанных с разрушением хранилищ, также могут явиться источниками загрязнения окружающей среды;

использование радионуклидов в народном хозяйстве в виде закрытых радиоактивных источников в промышленности, медицине, геологии, сельском хозяйстве и других отраслях. При нормальном хранении и использовании этих источников загрязнение окружающей среды маловероятно. Однако в последнее время появилась определенная опасность в связи с использованием радиоактивных источников в космических исследованиях и астронавтике. При запуске ракет-носителей, а также при посадке спутников и космических кораблей возможны аварийные ситуации. Так, при аварии Челленджера (США) сгорели радионуклидные источники тока, работающие на стронции-90. Также произошло загрязнение атмосферы над Индийским океаном в июне 1969 г., когда сгорел американский спутник, на котором генератор тока работал на плутонии-238. Тогда в атмосферу попали радионуклиды с активностью 17 тыс. кюри¹.

Вместе с тем наибольшее загрязнение окружающей среды все же создает сеть радиоизотопных лабораторий (которые имеются в очень многих странах мира), занимающихся использованием радионуклидов в открытом виде для научных и производственных целей. Сбросы радиоактивных отходов в сточные воды даже при концентрациях, меньше допустимых, с течением времени приведут к постепенному накоплению радионуклидов во внешней среде;

ядерные взрывы и возникающее после взрыва радиоактивное загрязнение местности (могут быть как локальные, так и глобальные выпадения радиоактивных осадков). Масштабы и уровни радиоактивных загрязнений при этом зависят от типа ядерных боеприпасов, вида взрывов, мощности заряда, топографических и метеорологических условий.

Характеристика радиоактивных излучений и единицы их измерения

Радиоактивность — это способность некоторых природных элементов (радия, урана, тория и др.), а также искусственных радиоактивных изотопов самопроизвольно распадаться, испуская при этом невидимые и неосязаемые человеком излучения. Такие элементы называются радиоактивными. Самопроизвольное превращение (распад) приводит к изменению их атомного номера или массового числа. В первом случае происходит превращение одного химического элемента в другой, а во втором — превращение изотопов данного химического элемента.

Если посмотреть на таблицу Менделеева, то можно отметить, что у большинства химических элементов есть радиоактивные и нерадиоактивные (стабильные) изотопы. Вещество, которое имеет в своем составе радиоактивные нуклиды (радионуклиды), называют радиоактивным. Как уже отмечалось выше, в результате радиоактивных превращений возникают ядерные (ионизирующие) излучения.

Радиоактивные вещества распадаются с определенной скоростью, измеряемой **периодом полураспада**, т. е. временем, в течение которого распадается половина всех атомов. Радиоактивный распад не может быть остановлен или ускорен

¹ Кюри — единица активности (значительной величины). Будет рассмотрена в следующем разделе

каким-либо способом. Это природное свойство радиоактивных веществ неподвластно человеку.

Кроме скорости радиоактивного распада, к основным характеристикам радиоактивности также относятся: активность (количество радиоактивного вещества), доза излучения, уровень радиации (мощность дозы излучения), степень загрязнения радиоактивными веществами.

В любом радиоактивном веществе происходит постепенный распад всех ядер его атомов. Чем больше период полураспада, т. е. чем меньше скорость распада, тем дольше «живет» данный радиоактивный изотоп, создавая радиоактивные излучения. Для разных изотопов период полураспада колеблется в широких пределах. Так, например, период полураспада йода-131 составляет 8,04 суток; стронция-90 — 29,12 года; плутония-239 — 24 065 лет; урана-235 — 703,8 млн лет, а тория-232 — более 14 млрд лет. Последние три входили в состав ядерного топлива IV блока Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС). Период полураспада характеризует скорость распада радиоактивного вещества, но не определяет его количества: активности.

Измерение количества радиоактивного вещества по его массе затруднительно, так как радиоактивные изотопы находятся обычно в смеси с другими веществами. Кроме того, различные изотопы при одной и той же массе обладают различной радиоактивностью, т. е. распад их происходит с различной скоростью. Поэтому количество радиоактивного вещества принято оценивать его активностью, под которой понимают количество радиоактивных распадов ядер атомов за единицу времени (распад в секунду). За единицу активности принято *кюри*, названная по фамилии Марии Кюри — польской ученой, открывшей искусственную радиоактивность. Кюри — это такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 37 млрд распадов ядер атомов за секунду:

$$1 \text{ кюри (Ки)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп./с.}$$

Производными этой единицы активности являются: милликюри — тысячная доля кюри, и микрокюри — миллионная доля кюри.

Однако кюри — это внесистемная единица активности. В СССР с января 1982 г. на основе Стандарта СЭВ 1052-78 и ГОСТ 8.417-81 введена Международная система единиц (СИ) с десятичными кратными и дольными единицами, обязательная для всех предприятий, учреждений и ведомств. Соотношения между единицами измерения СИ и внесистемными приведены в таблице (приложение 1).

Активность радиоактивного вещества непосредственно не характеризует ионизирующего воздействия излучения: при одной и той же активности ионизирующее действие зависит от вида и энергии излучения, физических свойств облучаемой среды и других факторов. Ионизирующее действие излучений, а следовательно, и их поражающее воздействие на организм характеризуется дозой излучения (облучения).

Дозой облучения называется энергия излучения, поглощенная в единице объема или массы вещества за все время воздействия излучения. Энергия излучения, поглощенная веществом, затрачивается на его ионизацию. Следовательно, доза облучения характеризует степень ионизации вещества: чем больше доза, тем больше степень этой ионизации. Поэтому именно доза излучения (или облучения) является мерой поражающего действия радиоактивных излучений на организм человека, животного или растения. Одна и

та же доза может накапливаться за разное время, причем биологический эффект облучения зависит не только от величины дозы, но и от времени ее накопления. Чем быстрее получена данная доза, тем больше ее поражающее действие, и наоборот.

Есть три вида доз: *экспозиционная*, *поглощенная* и *эквивалентная*. Доза излучения, характеризующая ионизационный эффект рентгеновского и гамма-излучений в воздухе называется экспозиционной. Именно ее и измеряют дозиметрическими приборами. Она характеризует источник и радиоактивное поле, которое он создает. Это потенциальная опасность облучения. Человек может войти в это поле и облучиться, но может и не войти и, следовательно, не подвергнуться облучению. Но поле с определенной дозой излучения остается. Ее измеряют в рентгенах (Р), а в системе СИ — кулонах на килограмм (Кл/кг).

Поглощенная доза облучения — это количество энергии различных видов ионизирующих излучений, поглощенное единицей массы данной среды. За единицу поглощенной дозы облучения принимают джоуль на килограмм (Дж/кг) — грей, а широко распространенной внесистемной единицей является рад.

Эквивалентная доза облучения учитывает то обстоятельство, что различные виды излучений создают разный биологический поражающий эффект при одной и той же дозе излучения. Например, альфа-излучение наносит человеку поражающий эффект в двадцать раз больший, чем такая же доза гамма-излучения. Чтобы учесть неравномерность поражения от различных видов излучений введен «коэффициент качества», на который необходимо умножить величину поглощенной дозы от определенного вида излучения, чтобы получить эквивалентную дозу. Все национальные и международные нормы установлены именно в эквивалентной дозе облучения.

Внесистемной единицей этой дозы является бэр, а в системе СИ — зиверт (Зв).

Уровень радиации (мощность дозы) характеризует интенсивность излучения (как правило, гамма-излучения). Это доза, создаваемая за единицу времени и характеризующая скорость накопления дозы. Измеряется в рентгенах в час (Р/ч). Чем больше уровень радиации (фон), тем меньше времени должны находиться на загрязненном участке люди, чтобы полученная ими доза облучения не превысила допустимую. Так как уровень радиации пропорционален активности радиоактивных веществ, которая в соответствии с законом радиоактивного распада непрерывно уменьшается во времени, то и уровень радиации на местности после ее радиоактивного загрязнения также непрерывно снижается. Например, после аварии на ЧАЭС фон в г. Киеве 30 апреля 1986 г. превышал доаварийный в сотни раз, а к настоящему времени он значительно снизился и превышает доаварийный только в 1,5-2 раза, что, в общем-то, абсолютно безопасно, так как естественный фон на Земле колеблется в очень широких пределах. Даже в Советском Союзе он разный (в районе Алтайских гор в 10-20 раз выше, чем в г. Киеве).

Степень загрязнения радиоактивными веществами характеризуется плотностью загрязнения, которая измеряется количеством радиоактивных распадов атомов, происходящих за единицу времени на единице поверхности, в единице массы или объема, т. е. единицами удельной активности (см. приложение 1). Знание степени загрязнения позволяет оценить вредное биологическое воздействие радиоактивно загрязненных предметов и веществ при соприкосно-

вении с ними или попадании их внутрь организма. Радиоактивное загрязнение может быть поверхностным (тонкий микронный слой) или же объемным и массовым (глубинное, структурное загрязнение).

В полевых условиях часто достаточно определить не абсолютное значение радиоактивного загрязнения, а лишь установить, как загрязнен объект: выше или ниже допустимого значения. Для продовольствия, поды, фуража, попадающих внутрь организма человека или животного, допустимая степень загрязнения приводится также в единицах удельной активности.

Принципы нормирования облучения людей и загрязнения объектов

В нормальных (безаварийных) условиях облучение человека создается космическим излучением, естественными и искусственными радиоактивными веществами, содержащимися в теле человека и окружающей среде.

С целью предупреждения соматических (самого облучаемого) и сведения к минимуму генетических (наследственных) последствий необходимо ограничивать дозы внешнего и внутреннего облучений населения. В настоящее время все страны, использующие атомную энергию, имеют национальные нормы и правила радиационной безопасности, основанные на рекомендациях Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Есть такие нормы и в нашей стране. Это «Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87», которые основаны на следующих принципах радиобиологии:

- непревышение установленного основного дозового предела;
- исключение всякого необоснованного облучения;
- снижение дозы излучения в любой ситуации до возможно низкого уровня.

Соблюдение НРБ-76/87 в соответствии со статьей 18 «Основ законодательства СССР и союзных республик о здравоохранении» является обязательным для всех без исключения государственных и кооперативных организаций, предприятий, министерств и ведомств. Статьей 19 «Основ...» возлагается государственный санитарный надзор за строгим соблюдением НРБ-76/87 на органы и учреждения Санитарно-эпидемиологической службы Минздрава СССР и союзных республик.

На Украине радиационную обстановку после аварии на ЧАЭС контролируют Минздрав УССР, Госкомгидромет СССР, Академия наук УССР, Госагропром УССР, Гражданская оборона УССР, Минэнерго СССР, Мингео СССР, а также другие министерства и ведомства СССР и УССР. Теперь этим занимается и население. Правительственные органы приняли решение о выпуске для населения дозиметров и радиометров и с 1990 г. они будут поступать в свободную продажу. В связи с этим была разработана и 12 июля 1989 г. утверждена Главным Государственным санитарным врачом СССР А. И. Кондрусевым «Концепция создания и функционирования системы радиационного контроля, осуществляемого населением (СРКН)», в которой сказано, что задача создания системы радиационного контроля населением до аварии на Чернобыльской АЭС возникала только в аспекте гражданской обороны, для чего требовались дозиметры, рассчитанные на большие дозы и мощности дозы.

Авария на ЧАЭС привела не только к повышенному облучению населения ряда районов УССР, БССР и РСФСР. Локальные очаги загрязнения разбросаны по большей части Европейской территории СССР и Закавказья. Слабо загрязненные радиоактивными веществами продукты питания и корма могут распространяться практически по всей территории страны, и такое положение будет сохраняться длительное время.

Поэтому населению необходимо иметь возможность самостоятельно оценивать радиационную обстановку в месте проживания или нахождения, включая проверку радиоактивного загрязнения продуктов питания и кормов. Радиационный контроль целесообразен и для населения, проживающего вокруг радиационных объектов.

Нормами радиационной безопасности в СССР установлены три категории облучаемых лиц:

А — персонал, т. е. профессиональные работники, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений;

Б — ограниченная часть населения, т. е. лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещении рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ или других источников излучения, применяемых в учреждении или удаляемых во внешнюю среду;

В — все остальное население (страны, республики, края, области, района).

В силу того, что при радиоактивном облучении биологическая поражаемость органов тела человека или отдельных систем организма неодинакова, их делят на группы:

I (наиболее уязвимая) — все тело¹, гонады и красный костный мозг (кроветворная система);

II — хрусталик глаза, щитовидная железа (эндокринная система), печень, почки, легкие, мышцы, жировая ткань, селезенка, желудочно-кишечный тракт, а также другие органы, которые не вошли в I и III группы;

III — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы и голени.

Для каждой категории облучаемых лиц Минздравом СССР установлены два класса нормативов: основные дозовые пределы и допустимые уровни, соответствующие первым (табл. 2).

2. Основные дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего облучения за год, бэр

Категории	Группа критических органов		
	I	II	III
А	5	15	30
В	0,5	1,5	3

Примечание. Распределение дозы в течение календарного года не регламентируется (за исключением женщин репродуктивного возраста — до 40 лет)

¹ Нормами предусмотрено «все тело», т. к. при его облучении подвергаются воздействию радиации все критические органы I группы вместе взятые

Облучение населения не нормируется и оно может быть обусловлено только естественным фоном (0,040-0,2 бэра за год на территории СССР), медицинскими процедурами (флюорография, рентгеноскопия и др.), техногенными факторами, обусловленными радиоактивностью стройматериалов, химических удобрений, продуктами сжигания органического топлива и др.

Во всех случаях необходимо принимать меры по ограничению облучения населения снижением дозы у отдельных лиц, ограничением количества лиц, подвергшихся облучению, в частности необходимо ограничивать облучение при медицинских рентгено-радиологических исследованиях населения, особенно беременных женщин, детей и подростков.

Необходимо уменьшить поступление радионуклидов с водой, воздухом и пищевыми продуктами людям, проживающим на загрязненной территории.

Для защиты населения и охраны окружающей среды необходимо принимать меры по предупреждению и ограничению образованию радиоактивных отходов и уменьшению их количества.

Для чего введены нормы и различные ограничения?

Учеными установлено, что только облучение от естественного природного фона для человека безвредно. Даже ослабленные болезнью люди, дети, старики от естественного фона не страдают. Но в то же время любые сверхфоновые облучения для человека небезопасны.

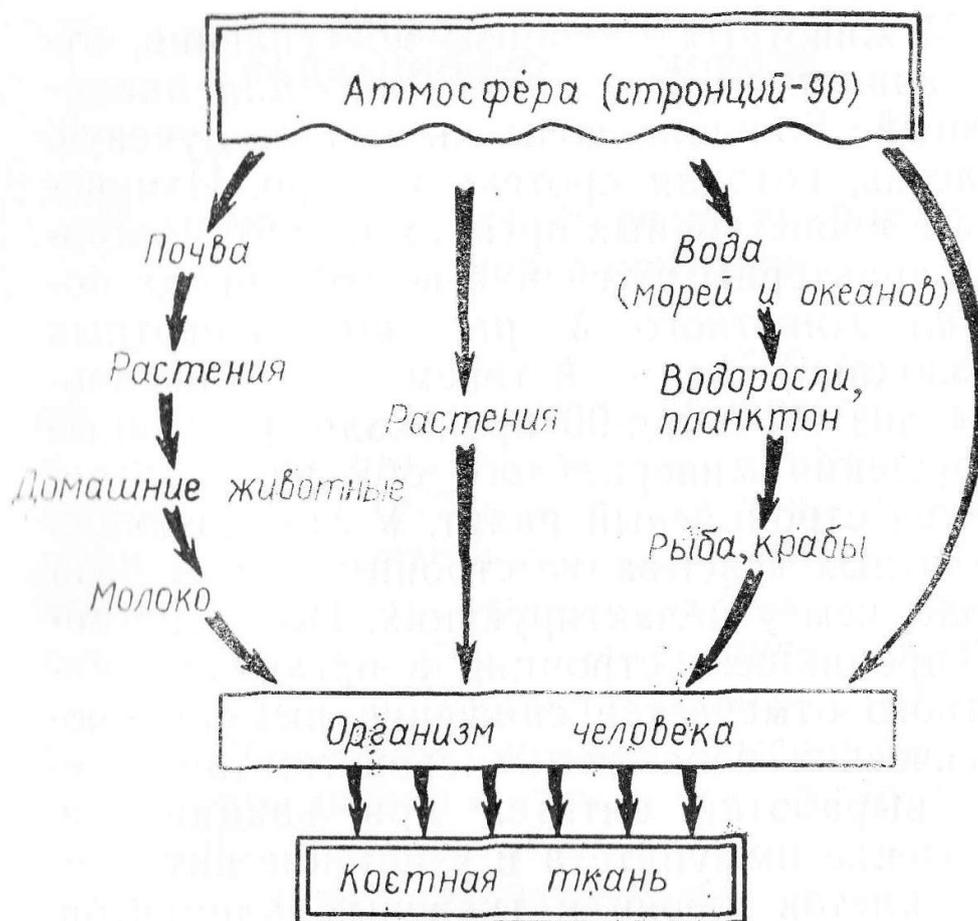
В настоящее время хорошо изучены последствия от больших доз (50-1000 бэр), приводящих к лучевой болезни I, II, III или IV степени. Возникает слабость, головокружение, головная боль, тошнота, рвота, понос, бледнеют кожа и слизистые, колеблется артериальное давление, повышается температура тела, изменяется состав крови, наступает лихорадочное состояние, судороги и потеря сознания. Затем происходят изменения периферической крови, лейкопения с абсолютной лимфопенией, резкое падение количества лейкоцитов, уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина. Отмечаются лучевые ожоги, кровоизлияния на коже, слизистых, иногда внутренние кровотечения; облысение, частичное выпадение волос и нарушение менструального цикла у женщин. При III и IV степени лучевой болезни наступает смерть.

Гораздо меньше изучены последствия от малых доз хронического незначительного сверхфоновое облучения. Как показывают результаты последних исследований, такое облучение может проявляться в снижении скорости роста, замедления темпов развития, пониженной сопротивляемости организма к инфекциям и другим факторам внешней среды и в сокращении продолжительности жизни.

Рассмотрим пути поступления (рис. 1), характер накопления и нормирования одного из самых биологически опасных радионуклидов — стронция-90.

Критическим органом по стронцию является костная ткань, где замещая свой химический аналог — кальций, он депонируется (накапливается). Независимо от путей и ритма поступления в организм, растворимые соединения стронция избирательно накапливаются в скелете, а в мягких тканях организма задерживается менее 1% стронция. При достаточном содержании кальция в рационе, всасывание стронция уменьшается в три раза и он выводится из организма. Если же стронций отложился в костной ткани, то он практически не

выводится и постоянно подвергает облучению красный костный мозг и кроветворную систему человека.



1. Пути поступления стронция-90 в организм человека

У животных механизм поступления, отложения и накопления стронция аналогичный. Большие дозы вызывают лучевую болезнь, которая протекает остро. Изменения в кроветворных органах и картине крови характерны в течение всего периода болезни животного. У растущих животных (молодняк) под действием даже небольших доз стронция-90 происходят различные нарушения минерального обмена и развивается стронциевый рахит. У лактирующих животных всасывание стронция в два раза выше, чем у нелактирующих. Под действием проникшего стронция в организме животного отмечается снижение иммунобиологических и защитных свойств; торможение выработки антител при вакцинации, снижение иммунитета и угнетение активности клеток крови и тканевых элементов. Кроме того, нарушаются все виды обмена веществ, поражается хрусталик глаза, возможна катаракта.

Нормами радиационной безопасности СССР для человека по стронцию-90 установлены: предел годового поступления в организм через органы дыхания 0,29 мкКи/год, через органы пищеварения — 0,32 мкКи/год. Допустимая концентрация стронция-90 в атмосферном воздухе составляет $4 \cdot 10^{-14}$ Ки/л, а в воде — $4 \cdot 10^{-10}$ Ки/л.

Поверхностное радиоактивное загрязнение различных объектов и тела человека также нормируется и приведено в приложении 2.

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Назначение и классификация приборов радиационного контроля

Согласно «Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/78» в общее понятие «радиационный контроль» входит четыре вида контроля при проведении любых радиационно-опасных работ: дозиметрический, радиометрический, индивидуальный дозконтроль и спектрометрические измерения.

В соответствии с этим и всю аппаратуру радиационного контроля по своему назначению условно подразделяют на соответствующие группы.

I — дозиметрические приборы, предназначенные для измерения мощности дозы (уровней радиации), что иногда называют фоном. Кроме того, к этой группе относят также индикаторы-сигнализаторы — простейшие приборы для обнаружения (выявления) ионизирующих излучений или сигнализации о превышении установленного, заданного порога радиации.

II — радиометрические приборы, с помощью которых определяют радиоактивное загрязнение поверхности различных предметов, а также их удельную активность (радиоактивность). Например, радиометром можно замерить радиоактивное загрязнение оборудования, транспортных средств, одежды, кожных покровов человека, тары под пищевые продукты, а также радиоактивность самих продуктов, сырья, кормов для животных и различных объектов окружающей среды (воды, почвы, растительности, удобрений и пр.).

III — портативные устройства, миниатюрные переносные приборы, предназначенные для индивидуального дозиметрического контроля. То есть это приборы или устройства, с помощью которых можно измерить полученную человеком дозу в какой-то конкретной ситуации или за определенный период работы и времени.

IV — спектрометрические установки, позволяющие установить спектр (содержание) радионуклидов, изотопов в любом радиоактивно загрязненном объекте. Это сложная дорогостоящая аппаратура, требующая специальных знаний и условий ее эксплуатации. С помощью этой аппаратуры регулярно определялся радиоизотопный (радионуклидный) состав «чернобыльского букета», загрязнявшего окружающую среду с момента аварии на ЧАЭС и по настоящее время: каждый день, каждый месяц и год. Сейчас, если говорить о Киеве и юге Украины, фиксируются пять радионуклидов: церий-144, рутений-106, цезий-134, стронций-90 и цезий-137 (соответственно, по мере возрастания периода полураспада). На севере республики, кроме того, фиксируются еще и трансурановые элементы: торий, америций, плутоний, уран.

Рассмотренная классификация является основной, но существует еще деление приборов по видам регистрируемых излучений; конструктивному исполнению; видам электропитания и т. д.

Следует отметить, что в последние годы появилось еще одно понятие: профессиональные и бытовые приборы. Это условное подразделение началось с момента изготовления за рубежом дозиметрических и радиометрических

приборов для населения (Япония, Финляндия, Франция, а теперь с 1989 г. и СССР).

И СССР принято решение по обеспечению населения (в первую очередь в зоне загрязнения) как бытовыми дозиметрами и радиометрами («Бриз», «Белла», «Рось», Десна», «Припять»), так и профессиональными («Бета», «Бета-2», «Бета-4», СРП-68-01, ДКС-04, ДРГ-01Т).

Следует отметить, что уже несколько лет Минздрав УССР обеспечивает население некоторых загрязненных районов, сопредельных с тридцатикилометровой зоной, профессиональными термомюминисцентными дозиметрами (ТЛД) индивидуального контроля (как финскими, так и советскими).

Дозиметрические и радиометрические приборы

Ионизирующие излучения невидимы, не имеют ни цвета, ни запаха или других признаков, которые указали бы человеку на их наличие или отсутствие. Поэтому их обнаружение и измерение производят косвенным путем на основании какого-либо свойства. Как правило, для определения уровней радиации, степени радиоактивности или дозы излучения используют один из методов: физический, химический, фотографический, биологический или математический (расчетный).

В основе работы дозиметрических и радиометрических приборов используются следующие методы индикации:

ионизационный, основанный на свойстве, способности этих излучений ионизировать любую среду, через которую они проходят, в том числе и детекторное (улавливающее) устройство прибора. Измеряя ионизационный ток, получают представление об интенсивности радиоактивных излучений;

сцинтиляционный, регистрирующий вспышки света, возникающие в сцинтиляторе (детекторе) под действием ионизирующих излучений, которые фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) преобразуются в электрический ток. Измеряемый анодный ток ФЭУ (токовый режим) и скорость счета (счетчиковый режим) пропорциональны уровням радиации;

люминисцентный, базирующийся на эффектах радиофотолюминесценции (ФЛД) к радиотермомюминесценции (ТЛД). В первом случае под действием ионизирующих излучений, в люминофоре создаются центры фотолюминесценции, содержащие атомы и ионы серебра, которые при освещении ультрафиолетовым светом вызывают видимую люминесценцию, пропорциональную уровням радиации. Дозиметры ТЛД под действием теплового воздействия (нагрева) преобразуют поглощенную энергию ионизирующих излучений в люминесцентную, интенсивность которой пропорциональна дозе ионизирующих излучений;

фотографический — один из первых методов регистрации ионизирующих излучений, позволивший французскому ученому Э. Беккерелю открыть в 1896 г. явление радиоактивности. Этот метод дозиметрии основан на свойстве ионизирующих излучений воздействовать на чувствительный слой фотоматериалов аналогично видимому свету. По степени почернения (плотности) можно судить об интенсивности воздействующего па пленку ионизирующего излучения с учетом времени этого воздействия;

химический, основанный на измерении выхода радиационно-химических реакций, протекающих под действием ионизирующих излучений в жидких или твердых химических системах. Известно значительное количество различных веществ, изменяющих свою окраску (степень окраски) или цвет в результате окислительных или восстановительных реакций, что можно соизмерять со степенью или плотностью ионизации. Данный метод используют при регистрации значительных уровней радиации;

калориметрический, базирующийся на измерении количества теплоты, выделяемой в детекторе при поглощении энергии ионизирующих излучений. Вся энергия излучения, поглощаемая веществом, в конечном итоге преобразуется в теплоту при условии, что поглощающее вещество является химически инертным к излучению и это пропорционально интенсивности излучений;

нейтронно-активационный, связанный с измерением наведенной активности и в некоторых случаях являющийся единственным возможным методом регистрации, особенно слабых нейтронных потоков, так как наведенная ими активность оказывается слишком малой для надежных измерений обычными методами. Кроме того, этот метод удобен при оценке доз в аварийных ситуациях, когда наблюдается кратковременное облучение большими потоками нейтронов.

В **биологических** методах дозиметрии использована способность излучений изменять биологические объекты. Величину дозы оценивают по уровню летальности животных, степени лейкопении, количеству хромосомных аббераций, изменению окраски и гиперемии кожи, выпадению волос, появлению в моче дезоксицитидина и др. Биологические методы не очень точны и менее чувствительны по сравнению с физическими.

В расчетных методах дозу излучения определяют путем математических вычислений. Это единственно возможный метод определения дозы от инкорпорированных радионуклидов, т. е. попавших внутрь организма.

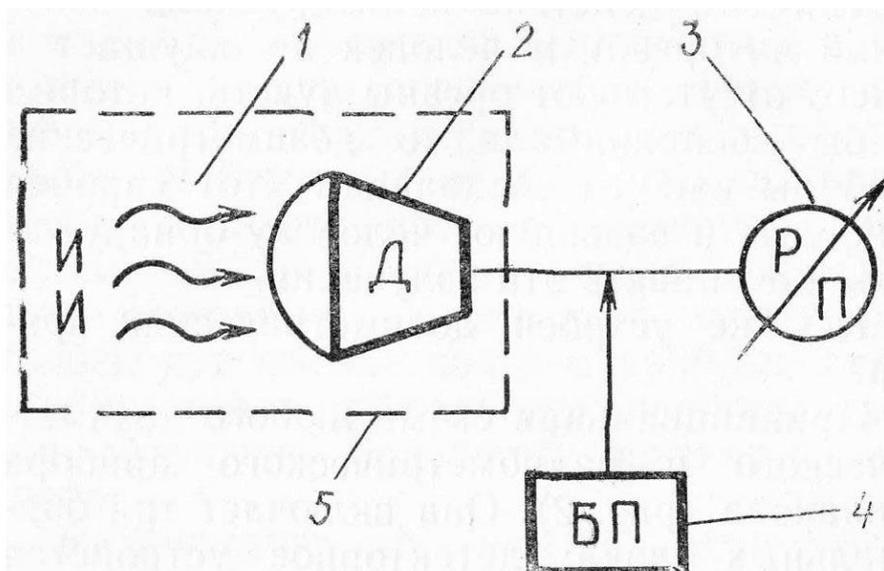
Таким образом, принцип работы детектора в значительной степени определяется характером эффекта, вызванного взаимодействием излучения с веществом детектора, а детектирование ионизирующих излучений связано с обнаружением и измерением этого эффекта.

Так как действие ионизирующих излучений на организм человек не ощущает и у него отсутствуют органы чувств, которые их бы воспринимали, то дозиметрические приборы как бы восполняют этот «пробел природы» и позволяют человеку обнаруживать и оценивать эти излучения.

Как же устроен дозиметрический прибор?

Принципиальная схема любого дозиметрического и радиометрического прибора одинакова (рис. 2). Она включает три обязательных блока: детекторное устройство (детектор), регистрирующий прибор (индикатор) и блок питания (аккумуляторы, батарейки, элементы, электросеть и пр.). Без любого из них дозиметра или радиометра просто не может быть. Хотя современный прибор имеет множество дополнительных, вспомогательных блоков, устройств, систем (усилители, преобразователи, формирователи импульсов, стабилизаторы, накопители информации и др.). Например, индикатором ионизирующих излучений может быть и обычный миллиамперметр, и сложное счетное цифropечатающее устройство, и миниЭВМ.

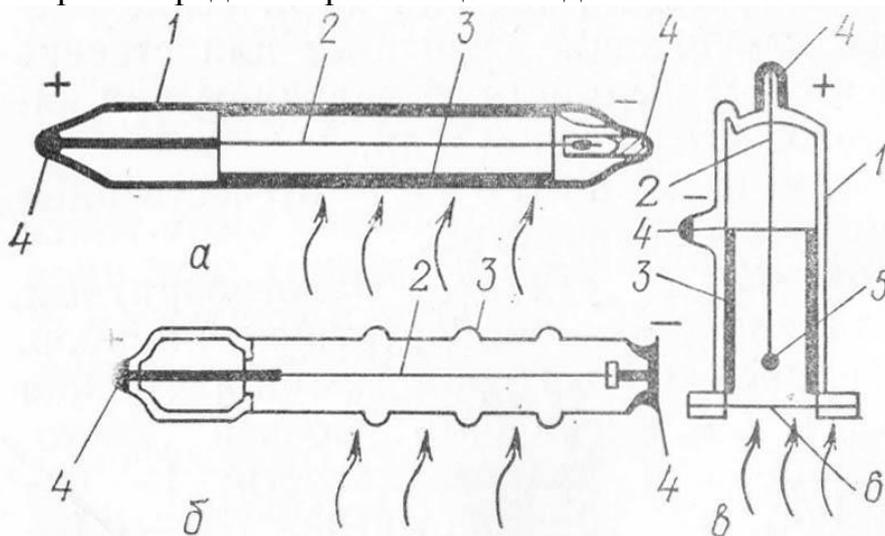
Внешний вид различных по конструкции и назначению счетчиков: торцевых, горизонтальных, металлических и др., изображен на рис. 3.



2. Блок-схема дозиметрического или радиометрического прибора:

1 — ионизирующие излучения; 2 — детектор; 3 — регистрирующий блок; 4 — блок питания; 5 — свинцовая защита для радиометра

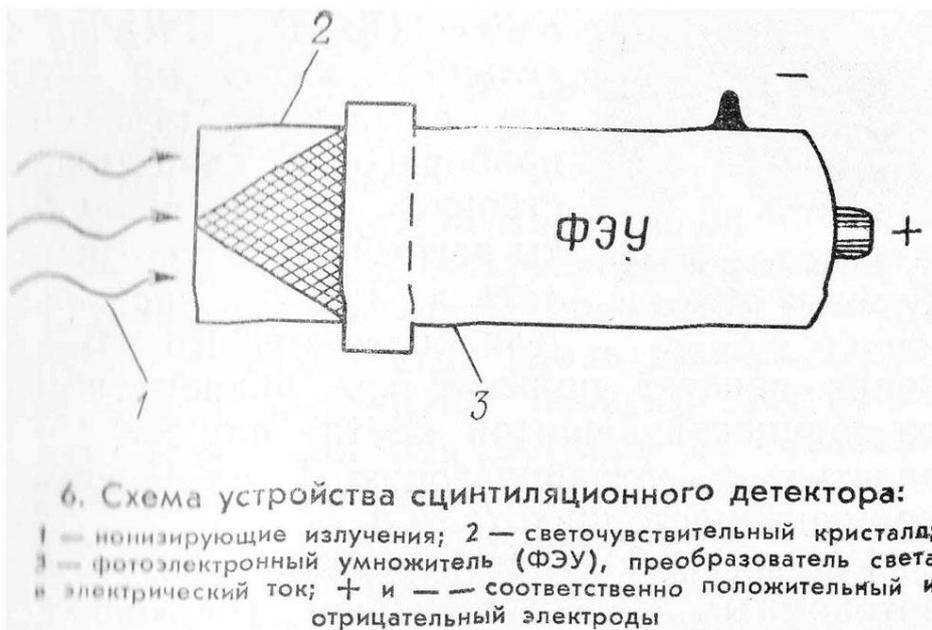
Конструктивное отличие радиометра от дозиметрического прибора может заключаться в том, что часто источник ионизирующих излучений (пробу земли, воды, продуктов) и счетчик (детектор) помещают в свинцовый домик, который защищает эти элементы от внешнего радиоактивного фона, что позволяет уловить незначительные излучения от измеряемых объектов и зафиксировать величину удельной активности даже очень низкоактивных проб. Вследствие этого повышается чувствительность и диапазон (пределы) измерений прибора. В упрощенном варианте радиометра свинцового домика может и не быть.



5. Схема устройства газоразрядных счетчиков:

а — стеклянный горизонтальный; б — металлический горизонтальный; в — стеклянно-металлический торцевой; 1 — стеклянный корпус; 2, 4 — соответственно положительный и отрицательный электроды; 3 — металлическая трубка отрицательного электрода; 5 — окончание положительного электрода торцевого счетчика

Одним из важнейших элементов приведенной схемы является детекторное устройство прибора, которое улавливает ионизирующие излучения от измеряемых объектов (рис. 4, 5, 6). В качестве детектора чаще всего используют ионизационные камеры; горизонтальные или торцевые счетчики; кристаллы или другие люминофоры, светящиеся под воздействием ионизирующих излучений; фотосоставы или химические растворы, изменяющие свой цвет или степень окраски в зависимости от величины или интенсивности излучений и др.



Рассмотрим *бытовые* отечественные дозиметры и радиометры.



7. Дозиметр «Рось» (опытный образец)

Дозиметр «Рось» — малогабаритный, простой в пользовании портативный прибор, являющийся индикатором гамма-излучения (рис 7). Он имеет пять уровней световой индикации радиоактивности: I—0—60 мкР/ч; II—60—100 мкР/ч; III—0,1—0,5 мР/ч (100-500 мкР/ч); IV—0,5—1,0 мР/ч (500-1000 мкР/ч); V—1—1,5 мР/ч (1000-1500 мкР/ч).

Прибор предназначен для первичной оценки фона (гамма-фона). Разработан в СКТБ Института ядерных исследований АН УССР. Изготовители — Киевские ПО им. Королева и «Завод Арсенал». Стоимость — около 30 руб.

Радиометр «Припять» — самый миниатюрный, портативный и недорогой прибор. Его масса составляет 300 г, стоимость — 80-100 руб. Фиксирует гамма- и бета-излучение. Измеряет гамма-фон и радиоактивное загрязнение поверхности. Может служить также индикатором загрязнения продуктов. Прибор работает в трех режимах:

I — для измерения гамма-фона;

II — для определения радиоактивного загрязнения поверхности почвы или травяного покрова и, в частности, для выявления «радиоактивных пятен» (например, в саду или огороде);

III - для обнаружения (индикации) радиоактивного загрязнения продуктов питания. Именно обнаружения, а не измерения, так как он работает в диапазоне $1 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг и выше. Если же уровни загрязнения ниже, то его можно использовать как индикатор.

В настоящее время для большинства продуктов питания предельно допустимые уровни радиации, установленные Минздравом СССР, составляют: $1 \cdot 10^{-8}$ — $1 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг (Ки/л). Следовательно, практически любое отклонение стрелки прибора будет свидетельствовать, что эти продукты загрязнены и употреблять их в пищу нельзя. Для более точного измерения следует пользоваться радиометром со свинцовой защитой «Бета» или же обратиться в ветлабораторию Госагропрома или санэпидстанцию (СЭС).

Радиометр «Припять» может работать с автономным электропитанием (батарея типа «Крона») или от сети. Прибор разработан в СКТБ Института ядерных исследований АН УССР. Изготовители — Киевские ПО им. Королева и «Завод Арсенал».

Радиометр «Десна» — также портативный прибор, но сложнее и дороже предыдущего. Он предназначен для контроля за фоном и радиоактивным загрязнением территории. Измеряет гамма-излучение (фон) и бета-загрязнение поверхности. Имеет широкий диапазон измерений: от 10 мкР/ч до 2000 Р/ч.

Прибор разработан СКТБ Института ядерных исследований АН УССР. Изготовители — Киевские ПО им. Королева и «Завод Арсенал». Стоимость прибора — 120 руб.

Бытовой прибор «Бриз» — является радиометром для измерения радиоактивного загрязнения продуктов питания и объектов окружающей среды (воды, растительности, почвы, удобрений и пр.). Это небольшой, прямоугольной формы прибор с контрольной красной лампочкой, потенциометром и двумя параллельными шкалами. На каждой шкале имеются три участка: зеленый, желтый и красный.

С прибором работать очень просто: его накладывают на интересующие продукты (например, мешочек с грибами) и ведут ручку потенциометра вдоль шкалы. Одновременно фиксируют момент потухания лампочки. Если она потухла на зеленом участке, то контролируемый продукт чистый и его можно использовать в пищу. Если же на желтом — продукт дополнительно подлежит более точной проверке на профессиональном радиометре в лаборатории СЭС или Госагропрома. Ну а если же на красном — продукты сильно загрязнены радионуклидами и для употребления в пищу непригодны.

Разработан этот оригинальный прибор Ленинградским центром НТТМ «Квант». Стоимость составляет 40 руб.

Дозиметр-радиометр «Белла» — универсальный бытовой прибор, позволяющий измерять гамма-фон (уровни радиации), загрязненность поверхностей и продуктов (рис 8.). Всего три органа управления делают прибор удобным и доступным для людей с любым уровнем подготовки. Показания прибора не только высвечиваются на табло, но и сопровождаются звуковой сигнализацией, что удобно в походных условиях, например, грибнику. В лесу ему не нужно будет каждый раз извлекать прибор из кармана — об опасности он предупредит сам. Электропитание осуществляется от батарейки «Крона», ее хватает на 200 ч работы. Прибор работает в диапазоне: 0,2 мкЗв/ч (около 20 мкР/ч) — 100 мкЗв/ч (10 тыс. мкР/ч). Этот дозиметр первым поступил в торговую сеть г. Киева (300 приборов). Стоимость прибора — 100 руб. Выпускает их Пятигорский завод «Импульс» в кооперации с Киевским объединением «Электронприбор».



8. Дозиметр-радиометр «Белла»

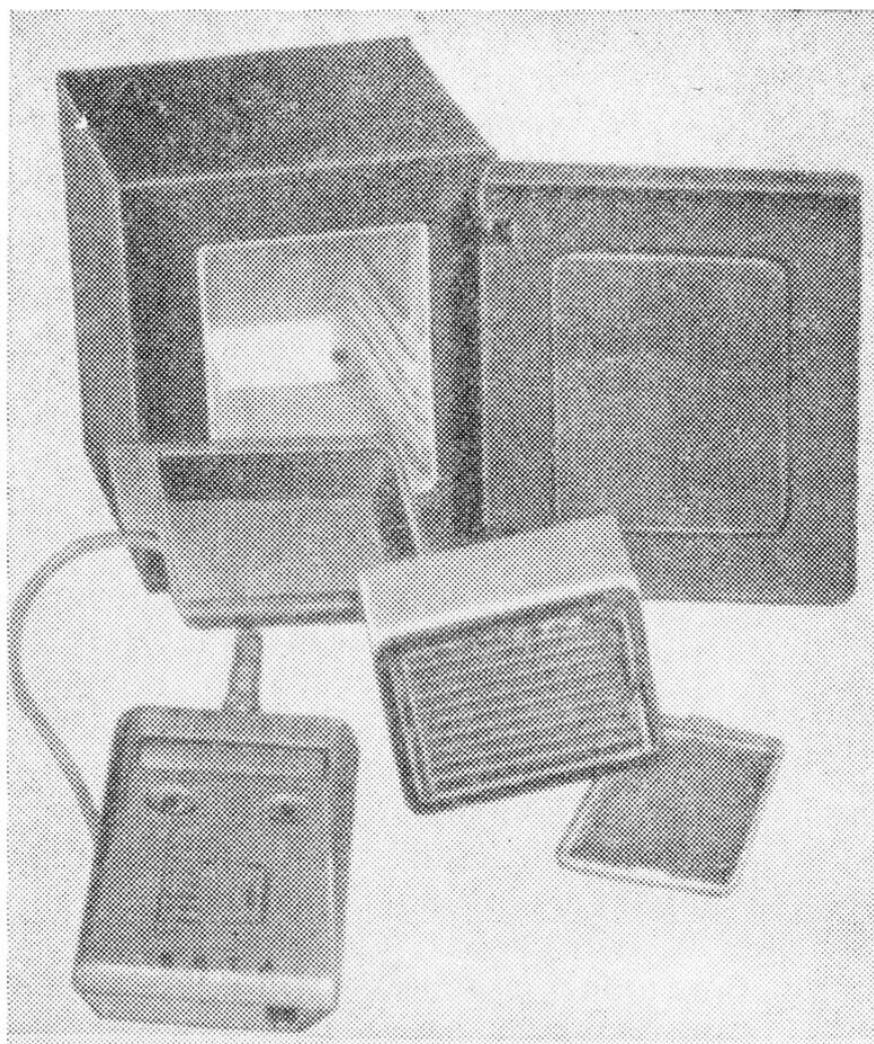
Дозиметр «РКС-104» — портативный бытовой прибор, позволяющий измерять уровни радиации и определять загрязненность предметов радионуклидами. Разработан Белорусским научно-производственным объединением и будет изготавливаться на Гомельском заводе. Стоимость прибора — 197 руб.

Следует отметить, что все вышеперечисленные бытовые дозиметры и радиометры будут сопровождаться достаточно полной технической документацией — подробными описаниями и инструкциями по их применению. Каждый владелец такого прибора, ознакомившись с методикой измерения уровней радиации (фона), радиоактивного загрязнения поверхностей и пищевых продуктов, описанных в данной книге, уверенно сможет применить указанные дозиметры и радиометры на практике.

Более сложными (и более дорогостоящими) являются профессиональные дозиметрические и радиометрические приборы, часть из которых также поступит в продажу населению: «Бета», «Бета-2» (для медиков); «Бета-4», СРП-68-01, ДРГ-01Т, ДКС 04 и др. [4].

Радиометр «Бета» — портативный (по сравнению с другими стационарными радиометрами), переносной прибор (рис. 9). Масса комплекта со свинцовым домиком составляет 19 кг, стоимость 450 руб. Радиометр универсальный: измеряет как поверхностное загрязнение различных предметов, так и удельную

активность (радиоактивность) пищевых продуктов, сырья и объектов окружающей среды.



9. Радиометр «Бета» (полный комплект)

По своей чувствительности и диапазону измеряемых параметров не уступает современным стационарным радиометрам, так как укомплектован лучшим отечественным торцевым счетчиком СБТ-10. Питание прибора можно осуществлять как от электросети, так и от батареек (сухих элементов типа Уран).

Прибор начали разрабатывать после аварии на ЧАЭС в 1986 г. в СКТБ Института ядерных исследований АН УССР, а в 1987 г. уже была выпущена опытная партия — 250 радиометров, которые поступили в организации Минздрава и на предприятия Госагропрома республики. Тогда же Киевский завод «Эталон» начал серийное производство приборов. Их сейчас с успехом используют на киевских рынках. В СКТБ прибор продолжают совершенствовать и уже появились модификации радиометра «Бета»: «Бета-2» (для медиков) и «Бета-4» (со встроенной микроЭВМ, благодаря которой радиометр сам производит все расчеты и сразу показывает величину удельной активности радиоактивной пробы).

Основные технические характеристики. Радиометр «Бета» обеспечивает измерение удельной активности бета-излучающих нуклидов в жидких и сыпучих

веществах в диапазоне $5 \cdot 10^{-9}$ — $1 \cdot 10^{-6}$ Ки/кг (Ки/л), а также поверхностей, загрязненных бета-излучающими нуклидами в диапазоне 1500 част./см²·мин.

Основная погрешность измерений радиометра при измерении бета-активности твердых образцовых источников стронций-90+итрий-90 в нормальных внешних условиях и продолжительности измерения 1000 с не должна превышать ± 25 % при доверительной вероятности чувствительности (P) равной 0,95.

Дополнительная погрешность измерения загрязненности поверхностей бета-активными радионуклидами при внешнем гамма-фоне 100 мкР/ч не должна превышать 50 %.

В радиометре в качестве детектора бета-излучения применяется счетчик типа СБТ-10 ОД 0.339.326 ТУ.

Продолжительность измерения приготовленной пробы устанавливается оператором и может составлять 1 с, 10, 100, 500, 1000 и 2000 с.

Питается радиометр от блока питания напряжением ($5 \pm 1,0$) В с допустимым уровнем пульсаций ± 200 мВ или от встроенных сухих элементов типа «Уран» ТУ 16.729.125-78 общим напряжением 4,5 В. При этом ток потребления радиометра при нормальном напряжении питания не должен превышать 25 мА.

Время установления рабочего режима не превышает 1 мин. После окончания измерения радиометр подает звуковой сигнал.

Продолжительность его непрерывной работы составляет 8 ч при нестабильности показаний ± 15 %.

Длина соединительного кабеля между индикаторным блоком и блоком детектора не должна превышать $1 \pm 0,2$ м.

Радиометр сохраняет основную погрешность при температурах от +50 до -20 °С в течение 2 ч и последующей выдержке его в нормальных условиях в течение 6 ч (со встроенными сухими элементами питания предельный интервал температур не должен превышать 0-45 °С). Радиометр не должен иметь коррозии и повреждения покрытий при относительной влажности 95 % и температуре 35 °С в течение 48 ч с последующей выдержкой его в нормальных условиях в течение 24 ч.

Допускаемая дополнительная погрешность, вызванная отклонением питающего напряжения от номинального ($4,5 \text{ В} \pm 10$ %) значения в пределах 3,5-5,5 В, не превышает ± 5 % от верхнего значения предела диапазона измерения.

Нормальные условия эксплуатации радиометра: температура окружающей среды 20 ± 5 °С; относительная влажность 65 ± 15 %; атмосферное давление 100 ± 4 кПа; рабочие: температура окружающей среды 10-35 °С; относительная влажность до 80 % при 25 °С; атмосферное давление 86-106 кПа.

Габаритные размеры блока индикатора 170x80x38 мм; блока детектора — 91x74x50; свинцового домика — 115x150x129 мм.

Масса: блока индикатора — 0,25 кг (со встроенными элементами питания); блока детектора — 0,23; свинцового домика — 19 кг.

Срок службы радиометра не менее 6 лет.

Принцип работы. В качестве датчика импульсов в радиометре используется газоразрядный счетчик. При появлении в объеме газового счетчика ионизирующих частиц в нем развивается электрический разряд, в результате чего на выходе счетчика появляются импульсы, которые с помощью электрической схемы преобразуются в цифровую информацию и отображаются на шкале

прибора. Для уменьшения влияния внешнего гамма-фона газоразрядный счетчик с измеряемыми препаратами или пробами помещают в свинцовый домик.

Переключателем «Питание» подают питание на радиометр. Появление любых цифр на шкале свидетельствует о том, что значение питающего напряжения находится в норме.

С помощью кнопки «Режим» выбирают и устанавливают необходимый режим работы прибора, а «Пуск» — запускают на выбранную продолжительность измерения. Кнопка «Пуск» стробируется секундными импульсами, поэтому **удерживать ее в нажатом состоянии необходимо не менее 1 с.**

Переключателем «Звук» включают звуковую сигнализацию, наличие которой свидетельствует об окончании времени измерения (табл. 3).

Конструкция. Радиометр выполнен в виде портативного переносного прибора. Корпус блока индикатора представляет собой прямоугольную коробку, состоящую из двух половинок, скрепленных между собой.

Внутри корпуса детали схемы блока индикатора размещены на печатной плате. Все детали на плате размещены так, чтобы при снятой крышке обеспечивался свободный доступ к ним и имелась возможность их замены при ремонте. В корпусе радиометра имеется окно для цифрового индикатора (шкалы прибора).

3. Функциональное назначение режимов работы радиометра «Бета»

№ режима	Продолжительность измерения, с	Функциональное назначение
0	—	Режим общего сброса и установки радиометра в исходное состояние при включении питания. Радиометр на измерение не запускается
1	1	Автоматический запуск радиометра на повторное измерение. Время индикации результата измерения 3 с. Предназначен для измерения поверхностной загрязненности и определения ожидаемой скорости счета при измерении удельной активности
2	10	То же
3	100	»
4	500	»
5	1000	»
6	2000	»
7		Функциональный контроль блока индикатора. На индикаторном табло наблюдается подсчет импульсов, поступающих на вход пересчетного устройства. Подсчет импульсов ведется непрерывно до заполнения всех знакомест, после чего происходит обнуление индикатора и продолжение счета. Для остановки счета радиометр необходимо перевести на любой другой режим работы

На торцах корпуса блока индикатора расположены два разъема, для подключения внешнего источника питания и блока детектора. В средней части блока индикатора на печатной плате размещен пьезокерамический излучатель.

На лицевой панели блока индикатора находятся переключатели «Питание» и «Звук», а также кнопки «Режим» и «Пуск».

Кассета батарей для питания радиометра расположена в отдельном отсеке, закрытом легко съемной крышкой, что позволяет производить замену батарей без вскрытия радиометра.

Блок детектора представляет собой счетчик типа СБТ-10, установленный в корпусе из прочного полиамида. В корпусе на задней стороне счетчика установлены элементы, входящие в состав детектора. Для соединения с блоком индикации предназначен кабель связи, оканчивающийся разъемом.

Свинцовый домик состоит из камеры, дверцы и корпуса. Камера и дверца — это сварные конструкции из стали толщиной 2 мм, залитые свинцом. Толщина свинцовой защиты 20 мм. Дверца установлена на призмах камеры с помощью двух осей.

Во внутреннем объеме домика установлены пластмассовые корпус и экран, являющиеся защитой от собственного бета-излучения металлических частей конструкции.

В корпусе имеются пазы для установки блока детектора, большой и малой кюветы на разном расстоянии от блока детектора.

В задней стенке домика находится отверстие для выхода кабеля блока детектора, в котором установлены сухарики, поджимаемые гайкой и служащие для фиксации кабеля блока детектора.

Меры безопасности. При испытании радиометра с источником излучения необходимо руководствоваться инструкциями по правилам работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

Нельзя включать радиометр при снятой крышке. Подключать и отключать блок детектирования необходимо при выключенном питании блока индикации. Не допускается устанавливать кювету (чашечку) с пробой, поднимающейся выше верхней кромки, в свинцовый домик. Это может привести к повреждению детектора.

Нельзя помещать в свинцовый домик химически агрессивные пробы.

Подготовка к работе. После вскрытия и извлечения из упаковки радиометр осматривают и убеждаются в наличии всех его частей и пломбы предприятия-изготовителя. Следует изучить паспорт, схему, конструкцию и назначение органов управления.

Прибор устанавливают в светлом, отапливаемом помещении. Все блоки размещают на одном рабочем месте.

Расстояние между свинцовым домиком и индикаторным блоком не должно превышать 1 м.

Кюветы перед измерением тщательно моют, чтобы они не имели следов радиоактивной загрязненности.

После длительного хранения проверяют состояние сухих элементов, для чего открывают крышку отсека питания, извлекают элементы из отсека и осматривают. В случае окисления или сульфатации элементов их очищают и вставляют в отсек питания, соблюдая полярность.

Если радиометр работает от сети, сетевой блок питания подключают к радиометру через штатный разъем питания.

Включают радиометр, для чего переключатель включения прибора переводят в положение «Питание». Появление цифр на индикаторном табло радиометра свидетельствует о нормальном значении питающего напряжения.

Отсутствие свечения индикатора радиометра при работе от батареек информирует о том, что напряжение элементов питания находится ниже минимально допустимого и требуется их замена.

Проверка работоспособности. Функционирование блока индикатора проверяют установкой седьмого режима работы. В этом случае на вход пересчетного устройства подаются импульсы с частотой 128 Гц и на индикаторном табло происходит подсчет импульсов. Последовательное изменение цифр на табло от 0000 до 9999 свидетельствует о нормальном функционировании блока индикации.

Порядок работы. Определение радиоактивного загрязнения различных поверхностей. К блоку индикатора подключают блок питания «Электроника Д2-10М» и включают блок питания в сеть напряжением 220 В. При отсутствии электрической сети в блок индикации устанавливают три батарейки.

Блок детектирования подключают к блоку индикатора. На рабочее окно блока детектирования устанавливают защитную крышку со стальной пластиной.

Включают блок индикатора и устанавливают нужный режим работы (10 или 100 с).

Последовательно нажимая кнопку «Пуск», выполняют три измерения скорости счета фоновых импульсов N_{ϕ} и определяют среднее значение по формуле:

$$\bar{N}_{\phi} = \frac{\sum N_{\phi}}{n},$$

где n — количество измерений.

С рабочего окна блока детектирования снимают защитную крышку со стальной пластиной и устанавливают защитную алюминиевую сетку из комплекта радиометра.

Блок детектирования устанавливают на расстоянии не более 1 см от исследуемого объекта и выполняют три измерения скорости счета импульсов с поверхности N_1 .

Среднее значение скорости счета импульсов:

$$\bar{N} = \frac{\sum N_i}{n}, \text{ имп./с.}$$

Определяют загрязненность поверхности бета-активными радионуклидами по формуле:

$$A_{\text{пз}} = k_3 (\bar{N} - \bar{N}_{\phi}), \frac{\text{бета-частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}},$$

где k_3 — градуированный коэффициент, определенный при аттестации или проверке радиометра (есть в паспорте прибора).

Определение удельной активности (УА) бета-излучающих радионуклидов в пробах (продуктах питания или объектах окружающей среды). Пробы готовят к

измерениям. Для подготовки радиометра к работе со свинцовым домиком блок детектирования устанавливают в верхний паз домика и подключают его к блоку индикатора.

Устанавливают третий режим работы, на место пробы в свинцовый домик устанавливают кювету с дистиллированной водой и проводят несколько измерений скорости счета фона N_{ϕ} .

Среднее значение скорости счета фона:

$$\bar{N}_{\phi} = \frac{\sum N_{\phi}}{n}, \text{ имп./с,}$$

где n — количество измерений, $n = 3, 4, 5$.

В течение рабочего дня измеряют фон через каждые 2 ч. Если его значения увеличиваются более чем на 50 %, свинцовый домик и измерительную кювету дезактивируют спиртом (одеколоном).

В домик помещают пробу и проводят n измерений скорости счета от пробы в таком же режиме, в каком измерялся фон. Определяют среднее значение скорости счета от пробы:

$$\bar{N}_{\text{пр}} = \frac{\sum N_i}{n}, \text{ имп./с.}$$

Удельную активность определяют по формуле:

$$A = \frac{\bar{N}_{\text{пр}} - N_{\phi}}{P},$$

где A — объемная, Бк/л (Ки/л) или массовая удельная, Бк/кг (Ки/кг) радиоактивность пробы; P — чувствительность радиометра, определенная при аттестации или поверке радиометра (из паспорта прибора).

Поверка радиометра. Поверяют прибор один раз в год (или при поломке) в мастерских, указанных в паспорте.

При подготовке к поверке внешним осмотром устанавливают:

отсутствие механических повреждений датчика излучений и индикаторного блока; чистоту внутренних поверхностей свинцового домика и датчика; полную комплектность радиометра; наличие комплекта технической документации.

Вычисление коэффициентов. Переводной градуировочный коэффициент K_3 для расчета поверхностного радиоактивного загрязнения берут из паспорта на прибор (аттестационного свидетельства). Его размерность:

$$K_3 = \frac{\text{бета-частиц} \cdot \text{с}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин} \cdot \text{имп.}}$$

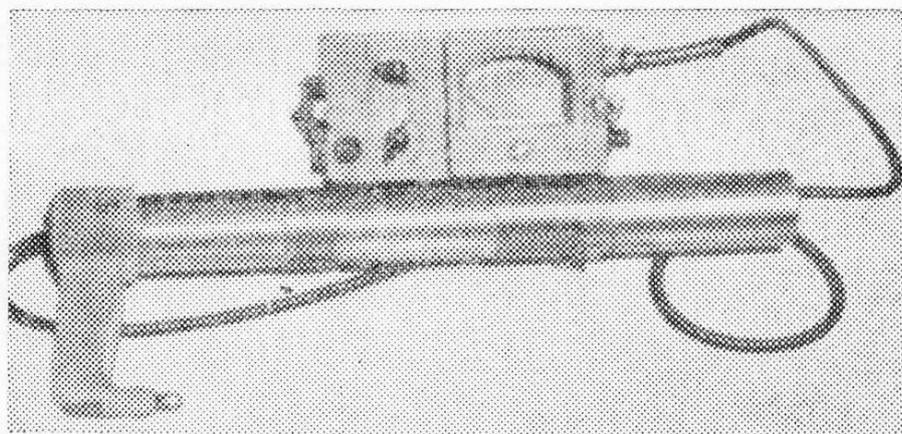
Чувствительность радиометра P или обратная ей величина (переводной градуировочный коэффициент K_y для расчета удельной активности измеряемых проб) определяют переводом из K_T (коэффициента от твердых радиоактивных источников) через переводной коэффициент $K_{\text{п}}$. Оба коэффициента имеются в аттестационном свидетельстве или паспорте на прибор:

$$K_y = K_{\text{п}} \cdot K_T \left(\text{или } K_{\text{п}} \cdot \frac{1}{P_T} \right), \frac{\text{Ки} \cdot \text{с}}{\text{л (кг)} \cdot \text{имп.}}$$

Прибор СРП-68-01 («Поиск»). Еще более универсальным, чем радиометр «Бета», является геологический поисковый прибор СРП-68-01, выпускаемый Киевским заводом «Геофизприбор» (рис. 10). Его прямое назначение — поиск месторождений радиоактивных руд. По ГОСТ он относится к классу измерителей мощности дозы (дозиметры), но после Чернобыльской аварии медики успешно использовали его для обследования детей, вывезенных из тридцатикилометровой зоны, на предмет накопления в щитовидной железе йода-131, а в лабораториях Госагропрома — в качестве радиометра для определения радиоактивности пищевых продуктов, сырья, кормов для животных, почвы, растительности, воды, удобрений и пр. Службы гражданской обороны и Госкомгидромета использовали прибор для измерения уровней радиации (фона).

Мощность экспозиционной дозы (уровень радиации) в микрорентгенах в час измеряют при положении датчика (зонда прибора) на расстоянии 1 м от поверхности земли по нижней (красной) шкале прибора, согласно техническому описанию.

Радиоактивность (удельную активность) пищевых продуктов и объектов окружающей среды определяют по методике, приведенной в разделе «Экспрессные методы определения радиоактивности пищевых продуктов, воды и других объектов окружающей среды» со свинцовым домиком (Запорожского завода) и сосудами типа Маринелли. В домашних условиях можно использовать свинцовый домик от радиометра «Бета» или литровую и трехлитровую банки, экранируемые любым тяжелым металлом.



10. Дозиметр «Поиск»

Основные технические характеристики. Приборы СРП-68 измеряют поток гамма-излучения в пределах от 0 до 10000 с⁻¹ и мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в пределах от 0 до 3000 мкР/ч.

Диапазон измерения регистрируемого потока гамма-излучения имеет поддиапазоны: 0—100; 0—300; 0—1000; 0—3000; 0—10000 (верхняя черная шкала прибора, с⁻¹).

Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения разбит на поддиапазоны: 0—30; 0—100; 0—300; 0—1000; 0—3000 (нижняя красная шкала прибора, мкР/ч).

Регистрирующие приборы отградуированы в единицах с⁻¹ (квант/с) и мкР/ч.

Основная погрешность измерения прибора не превышает $\pm 20\%$. Время установления рабочего режима не превышает 1 мин с момента включения прибора. Приборы могут непрерывно работать в течение 8 ч при сохранении основной погрешности в пределах норм.

Комплект питания состоит из 9 элементов типа 343. Мощность, потребляемая от комплекта питания, не превышает 200 мВт.

Приборы имеют линейную шкалу с отклонениями от линейного закона, не превышающими $\pm 5\%$, а в поддиапазонах 0—3000 мкР/ч — не более $\pm 10\%$.

Длина кабеля, соединяющего пульт и блок детектирования приборов СРП-68-01, составляет $1,5 \pm 0,05$ м.

Габаритные размеры пульта составляют 215x102x130, блока детектирования 60x170x500. Масса комплекта — 3,6 кг.

Приборы СРП-68 работают в интервале температур от -20 до $+50$ °С. Они герметичны и выдерживают внешнее избыточное гидростатическое давление $3 \cdot 10^4$ Па.

Срок службы прибора не менее 5 лет.

Принцип работы. Работа прибора базируется на преобразовании физической информации в электрические сигналы с последующим измерением их параметров. Функцию преобразователя выполняет сцинтилляционный детектор, состоящий из кристалла NaI (Т1) в качестве сцинтиллятора, и фотоэлектронного умножителя в качестве преобразователя световых величин в электрические.

Аналоговые импульсные сигналы, снимаемые с фотоэлектронного умножителя, после усиления отделяются от шумов и преобразуются в последовательность логических сигналов, средняя частота повторения которых пропорциональна измеряемой физической величине. Эта последовательность поступает на интегрирующий линейный измеритель средней частоты, показания которого выводятся на стрелочный прибор. Шкала стрелочного прибора отградуирована в единицах потока и мощности экспозиционной дозы гамма-излучения.

Конструкция. Конструктивно приборы СРП-68 выполнены в виде двух блоков: блока детектирования и измерительного пульта, соединенных кабелем.

В блоках детектирования находятся узел фотоэлектронного умножителя, усилитель, дискриминатор, высоковольтный преобразователь.

В измерительном пульте размещены стабилизатор напряжения питания, согласующий каскад, нормализатор амплитуды, измеритель средней скорости счета, вспомогательные устройства, блок питания.

Корпус блоков детектирования представляет собой цилиндр, внутри которого находится шасси с элементами электрической схемы.

В передней части блока детектирования расположены фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) и кристалл NaI (Т1), оптический контакт между которыми осуществляется с помощью смазки КВ-3/10Э ГОСТ 15975—70.

Вытекание смазки из оптического зазора предотвращает резиновая манжета.

ФЭУ и кристалл помещены внутри разборного светозащитного кожуха, одновременно являющегося магнитным экраном, который отделен от корпуса блока детектирования амортизатором — гофрированной резиновой прокладкой.

Электрическая связь ФЭУ с остальной частью схемы осуществляется через панель, в непосредственной близости от которой распаян резисторный делитель высокого напряжения.

Блок детектирования БДГ4-01 для удобства эксплуатации снабжен ручкой с удлинителем, позволяющим менять его длину: с торцевой стороны блока детектирования имеется окно из тонкого (0,5 мм) алюминия, предохраненное съемным резиновым колпаком.

Измерительный пульт РПГ4-01 приборов СРП-68 выполнен в разъемном прямоугольном корпусе из алюминиевого сплава.

В нижней части кожуха расположен отсек питания, герметизированный от остального объема корпуса и от окружающей среды. Электрическая связь отсека питания со схемой осуществляется с помощью двухполюсного разъема.

На панели корпуса укреплены: измерительный стрелочный прибор; органы управления; неподвижная плата с дозирующими конденсаторами; откидная плата, на которой размещены стабилизатор напряжения, согласующий каскад, нормализатор амплитуды, измеритель средней скорости счета (без дозирующих емкостей) и часть вспомогательных устройств; переменные резисторы подстройки градуировки.

Герметизация пульта обеспечивается применением герметизирующих уплотнений между панелью и кожухом на органах управления, крышке отсека питания, по втулке ввода кабеля. Крепление панели к кожуху осуществляется с помощью двух винтов, к петлям которых пристегиваются ремни, чтобы носить прибор.

На лицевой стороне панели нанесены обозначения режимов работы при различных положениях соответствующих переключателей, а также пределов измерения, причем черным цветом обозначены значения, соответствующие измерению потока гамма-излучения, а красным — мощности экспозиционной дозы. На боковой стенке панели расположены гнездо для подключения головного телефона и ввод кабеля.

Меры безопасности. В комплект поставки приборов СРП-68 входит контрольный радиоактивный источник на основе кобальта-60, обращение с которым должно соответствовать нормам работы с радиоактивными веществами и санитарным правилам.

В блоках детектирования прибора СРП-68 вырабатывается напряжение 600—1300 В, необходимое для питания фотоэлектронных умножителей, поэтому вскрытие блоков детектирования должно производиться в лабораторных условиях при отключенном источнике питания, а при ремонте в случаях, когда требуется включение приборов, должны соблюдаться меры предосторожности.

Подготовка к работе. Перед началом работы с прибором необходимо: ознакомиться с инструкцией по эксплуатации; извлечь пульт и блок детектирования из укладочного ящика, освободить от упаковки и протереть; перевести переключатель режима работы в положение «Выкл.»; проверить, находится ли стрелка измерительного прибора на нуле; в противном случае установить ее на нулевую риску корректором, предварительно отвернув заглушку на панели пульта; отвернув винты, открыть крышку батарейного отсека и вставить комплект элементов питания, соблюдая полярность согласно маркировке, на дне кожуха и пульта, после чего затянуть винты крышки отсека.

Порядок работы. Исходное положение переключателя пределов измерения — «3 тыс. мкР/ч», переключателя режима работы — «Выкл.» Для приведения прибора в рабочее состояние необходимо: включить прибор, переведя

переключатель режима работы в положение «Бат.» По показанию стрелочного прибора определяют напряжение батареи питания, которое должно находиться в пределах от 8 до 15 В (предел измерения 15 В);

перевести переключатель режима работы в положение «5 В». В этом положении стрелочным прибором контролируется выходное напряжение стабилизатора, которое должно составлять $5 \pm 0,3$ В (предел измерения 10 В). Измерения могут быть начаты не менее чем через 1 мин после включения прибора;

перевести переключатель режима работы в положение «5». При этом показание стрелочного прибора соответствует мощности экспозиционной дозы в месте расположения блока детектирования;

снять крышку контрольного источника, зафиксировать на фланце контрольного источника держатель, входящий в комплект поставки прибора. С помощью держателя присоединить блок детектирования к контрольному источнику. Перед проверкой прибора СРП-68-01 необходимо предварительно снять резиновый колпачок с блока детектирования. С помощью переключателя пределов измерения установить диапазон, соответствующий максимальному отклонению стрелки измерительного прибора. Записать показание прибора;

отсоединив блок детектирования, проконтролировать уровень фона в месте проведения измерений. Показание прибора при присоединенном блоке детектирования к контрольному источнику за вычетом фона должно соответствовать указанному в паспорте на прибор;

присоединить вновь блок детектирования к контрольному источнику. После успокоения стрелки нажать кнопку «Контр.» на пульте прибора. Показания не должны уменьшиться более чем на 10 %;

после проведения измерений закрыть контрольный источник крышкой.

Проведение измерений. Переключатель пределов измерений перевести в положение, соответствующее требуемому пределу. Для прибора СРП-68-01 используют пределы, выраженные в микрорентгенах в час.

Предел измерения выбирают так, чтобы показания прибора были не менее 30 % полной шкалы. В Киеве в настоящее время переключатель устанавливают на «30».

В зависимости от величины измеряемой мощности экспозиционной дозы с помощью переключателя рода работы устанавливают постоянную времени измерения 2,5 или 5 с. При постоянной времени 5 с величина статических флуктуаций снижается, то есть повышается точность отсчета, однако вместе с этим повышается инерционность прибора.

Погрешность отсчета можно существенно снизить, если вычислять показание в данной точке как среднее арифметическое из 5-10 отсчетов за 30-60 с наблюдения.

Дозиметр ДРГ-01Т («Аракс»). Это широкодиапазонный цифровой дозиметр мощности экспозиционной дозы волнового излучения. Он предназначен для измерения мощности экспозиционной дозы на рабочих местах, в смежных помещениях и на территории предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Кроме того, дозиметр может быть использован для контроля эффективности биологической защиты, радиационных упаковок и радиоактивных отходов, а также измерения мощности экспозиционной дозы в

период возникновения, протекания и ликвидации последствий аварийных ситуаций.

Прибор применяют для оперативного группового контроля мощности экспозиционной дозы работниками служб радиационной безопасности, дефектоскопических лабораторий, санитарно-эпидемиологических станций и т. д.

Основные технические характеристики. Дозиметр ДРГ-01Г обеспечивает измерение мощности экспозиционной дозы в интервале энергий 0,050—3 МэВ в двух режимах работы: «Поиск» и «Измерение».

В режиме работы «Измерение» прибор показывает мощность экспозиционной дозы в диапазоне от 0,010 мР/ч (10 мкР/ч) до 9,999 Р/ч с разбивкой всего диапазона на два поддиапазона: I—0,010—9,999 мР/ч; II—0,010—9,999 Р/ч.

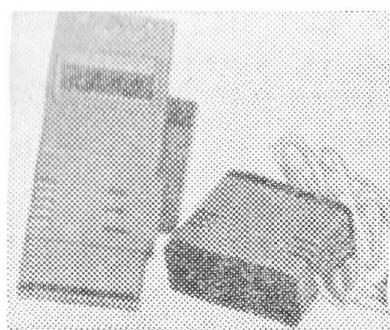
В режиме работы «Поиск» дозиметр обеспечивает измерение экспозиционной дозы в диапазоне от 0,10 мР/ч до 99,99 Р/ч с разбивкой всего диапазона на два поддиапазона: I—0,10—99,99 мР/ч; II—0,10—99,99 Р/ч.

Продолжительность измерения в режиме работы «Измерение» не превышает 20 с, в режиме «Поиск» — 2 с. Время установления рабочего режима не более 4 с.

Предел допускаемой основной погрешности измерения составляет: в режиме «Измерение» — $\pm 15\%$; «Поиск» — $\pm 30\%$.

В качестве детекторов излучения использованы четыре газоразрядных счетчика СБМ-20 и два счетчика СИ 34Г (СИ 40Г) с корректирующими свинцовыми фильтрами для выравнивания энергетической зависимости чувствительности. Стоимость прибора — 330 руб.

Дозиметр ДСК-04 («Стриж»). Прибор (рис. 11) предназначен для обнаружения и оценки с помощью звуковой и световой сигнализации плотности потока тепловых нейтронов, рентгеновского, гамма и жесткого бета-излучений, а также для измерения мощности экспозиционной дозы и экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений.



11. Дозиметр
«Стриж»

Дозиметр применяют для индивидуального радиационного контроля в лабораториях научно-исследовательских институтов и на различных предприятиях при работах, связанных с ионизирующим излучением.

В качестве источника питания используют аккумуляторы типа Д-0,1, которые заряжают от зарядного устройства, входящего в комплект дозиметра. Предусмотрена также возможность внешнего подключения аккумуляторов типа 7Д-0,1 или батареи типа «Крона». Для подсоединения указанных

источников питания, пользуются соединительным устройством.

Основные технические характеристики. Дозиметр подает звуковые и световые сигналы при наличии потока тепловых нейтронов, жесткого бета-излучения с энергией более 0,5 МэВ, рентгеновского или гамма-излучений.

Он измеряет мощность экспозиционной дозы и экспозиционную дозу рентгеновского и гамма-излучений в диапазоне энергий фотонов 0,05—3 МэВ. При этом изменение чувствительности дозиметра в указанном диапазоне энергий не более $\pm 25\%$. Радиационной устойчивости дозиметр не имеет.

Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений составляет 0,1—999,9 мР/ч. Предел допускаемой относительной основной погрешности измерения не более $\pm 20\%$.

Рабочий режим устанавливается не более чем за 1 мин, продолжительность показаний дозиметра при измерении мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений — не более 5 с.

Дозиметр допускает непрерывную работу в течение не менее 12 ч, при этом нестабильность показаний прибора не более $\pm 5\%$; а также в течение не менее 100 ч при отсутствии ионизирующего излучения и уровне внешнего радиационного фона не более 50 мкР/ч.

Он надежно работает при изменении температуры окружающего воздуха от +10 до +35 °С, при этом предел допускаемой дополнительной погрешности составляет не более $\pm 10\%$ на каждые 10 °С.

Срок службы дозиметра не менее 8 лет. Стоимость — 340 руб.

Принцип работы. В результате воздействия ионизирующего излучения на выходе счетчика СБМ-21 появляются импульсы, которые с помощью электрической схемы преобразуются в звуковую и световую сигнализацию, а также в цифровую информацию о значениях мощности экспозиционной дозы и экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения.

Приборы индивидуального дозиметрического контроля (ИДК). Это миниатюрные устройства, с помощью которых определяют полученную человеком дозу (персонально) в какой-то конкретной ситуации или за определенный период времени. Человек их носит длительное время, они не доставляют ему неудобств (как часы, авторучка и пр.).

Следует отметить, что приборы ИДК предназначены или для особого периода военного времени, или для использования в экстремальных ситуациях мирного времени. Хранят и выдают их, как правило, службы гражданской обороны по месту работы или жительства населения.

Все приборы ИДК как отечественного, так и зарубежного производства подразделяют на два вида: прямопоказывающие, когда снимать показания с прибора можно непосредственно, и без шкалы индикации («слепые»), показания с которых снимаются на специальных устройствах и, как правило, в стационарных условиях. Это связано с методом регистрации, назначением и конструкцией этих приборов.

Все многообразие индивидуальных дозиметрических приборов можно классифицировать также и по назначению, типу датчиков, питанию, конструкционным особенностям, видам и энергии регистрируемых излучений, диапазону доз излучения (облучения), режиму измерений и другим признакам.

Так, к приборам, работающим на ионизационном методе регистрации излучений, принадлежат индивидуальные дозиметры КИД, ДКС, ДК, ДКП, ИД, ИДК, ДС; термолюминисцентном — КДТ, ИКС-А; фотографическом — ИФК, ИФКУ; химическом — ДП; нейтронно-активационном — ИАД «Гнейс» и «Дисней».

По назначению выделяют следующие группы дозиметров:

аварийные — «Гнейс», ИКС-А, термолюминесцентные типа КДТ, химические ДП, а также ДК-50, ДКП-50, ДКП-50А, ИД-І и ИД-II;

технологические — «Щелкун», ДК-02, типа КИД, ИФК, ИФКУ;

для измерения малых доз излучения — ДРС-01, ДЭС-04, КИД-2, КИД-6, ДК-02; для работ с особой радиационной опасностью — дозиметр-сигнализатор ДЭГ-07.

По видам регистрируемых излучений приборы подразделяют на:

комбинированные (бета-, гамма- и нейтронные излучения): ИАД «Гнейс», ДП-70МП, КДП-02, ДРС-01, ИФКУ; (гамма-, нейтронные): ИД-1, ИД-П, ДП-70М; (бета-, гамма-): ДП-70, «Щелкун»; (рентгеновское, гамма-излучение): ИДК-4, КИД-1, КИД-2, КИД-6;

для одного вида излучений (гамма-излучений): ДК-2, ДК-50, ДКП-50, ДКП-50А, КДТ-1, ИКС-А, ДЭГ-07, КИД-4.

Дозиметрические приборы ИДК измеряют ионизирующие излучения в очень широком диапазоне доз, что связано с чувствительностью детектора, методом регистрации и назначением прибора.

Их можно классифицировать следующим образом.

По видам регистрируемых доз: экспозиционные (ДК-02, ДК-50, ДКП-50, ДКП-50А, ДП-70, ИДК-4, КИД-1, КИД-2, КИД-6, КДТ-1, КДТ-2, ИКС-А, ДЭГ-07); поглощенные (ИД-1, ИД-П, ДП-70М); эквивалентные (ИФК-2, ИФКУ, ИФКУ-1, ДП-70МП, ДРС-01); тканевые (ИАД «Гнейс»).

По диапазону регистрируемых доз: чувствительные дозиметры (ДК-02, «Щелкун», КИД, ИФК-2, ИФКУ, ИФКУ-1, ДРС-01, ДЭГ-07); средней чувствительности (ДК-50, ДС-50, ДКП-50, ИДК-4, ДКП-50А); аварийные, грубые, рассчитанные на высокие уровни радиации (ИД-1, ИД-П, ДП, КДТ, ИКС-1, «Гнейс», «Дисней»).

Конструктивно индивидуальные дозиметры можно подразделить на прямопоказывающие, имеющие автономное считывающее устройство для непосредственного отсчета измеряемой дозы (ДК-02, ДКП-50, ДКП-50А, ИД-1) и непрямпоказывающие, имеющие переносное измерительное устройство (ИД-П, ДС-50, типа ДП, КИД, КДТ, ИКС-А, ИАД «Гнейс») или стационарное измерительное устройство (ИФК-2, ИФК-3, ИФК-4М, ИФКУ, ИФКУ-1). Кроме того, некоторые индивидуальные дозиметры работают без источника питания (ИКС-А, типа ДП, КДП, ИФК-2, ИФК-3, ИФК-4М, ИФКУ, ИФКУ-1), а некоторые или требуют зарядки (ДК-02, ДКП-50, ДКП-50А, ИД-1, ИД-П, ДС-50), или непосредственного, автономного источника питания (ДЭГ-07, «Щелкун»),

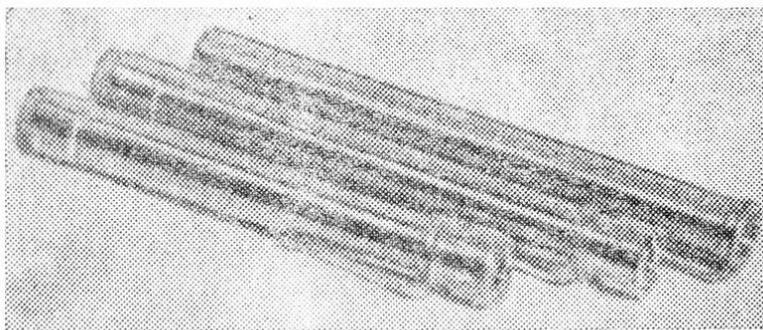
По типу датчиков (детекторов) дозиметры классифицируют на фотопленочные или кассетные (ИФКУ, ИФК); химические (типа ДП); с ионизационными камерами (ДК-02, ДКП-50, ДКП-50А, ИД-1, ИД-П, ДС-50, ДП-50, ДК-50, ИДК-4, типа КИД); счетчиковые (цилиндрические или торцевые газоразрядные, сцинтилляционные, на фотосопротивлениях: ИАД «Гнейс», ДРС-01, ДЭС-04, ДЭГ-07, ИКС-А).

Некоторые индивидуальные дозиметры можно подразделить и *по режиму измерений* электрического тока (импульсный режим и регистрирующие непрерывный постоянный ток).

Кроме того, следует отметить, что приборы ИДК могут улавливать ионизирующие излучения различного энергетического спектра: низко- (до 200 кэВ) — «Щелкун», ИДК-4; средне- (до 1,25 МэВ) — типа КДТ, ИКС-А, ДЭГ-07; и высокоэнергетические (1,5—3 МэВ) — типа ДП, ДКП-50, ДКП-50 А, ДС-50, ДК-50, ИД-1, ИД-П, типа КИД, ИФКУ.

Индивидуальный дозиметрический контроль в нашей стране в мирное время осуществляется с помощью приборов ИДК со следующими параметрами, техническими характеристиками и областью применения.

Приборы, работающие на базе ионизационного метода регистрации излучений. *ДК-02* — прямопоказывающий дозиметр, выполненный в виде авторучки с оптическим окуляром, позволяющим непосредственно производить отсчет экспозиционной дозы гамма-излучения в диапазоне 0—200 мР (рис. 12). В его корпус вмонтированы интегрирующая ионизационная камера и конденсатор, питание которых осуществляется перед работой от зарядного устройства ЗД-4.



12. Дозиметр ДК-02, ДКЛ-50 и ИД-1

При воздействии гамма-излучения па заряженный дозиметр в рабочем объеме камеры возникает ионизационный ток, который уменьшает первоначальный заряд конденсатора и камеры, а, следовательно, и потенциал внутреннего электрода. Изменение потенциала, измеряемого электроскопом, пропорционально экспозиционной дозе гамма-излучения. Визирная нить при этом сближается с держателем, а изображение ее перемещается по шкале отсчетного устройства. Наблюдая через окуляр (против источника света), можно в любой момент произвести отсчет полученной дозы излучения. В ночное время можно для этой цели использовать фонарик, спички или другой источник света.

ДКП-50 — прямопоказывающий прибор, аналогичный ДК-02, но с большей конденсаторно-ионизационной системой. Отсчет экспозиционной дозы гамма-излучения производится в диапазоне 0-50 Р при погрешности $\pm 10\%$. Зарядное устройство ЗД-5.

ДКП-50А — модернизированная модель дозиметра ДКП-50 с меньшим саморазрядом и работает в диапазоне доз 2-50 Р, с мощностью экспозиционной дозы излучения 0,5-200 Р/ч и энергией гамма-квантов от 200 кэВ до 2 МэВ. Входит в состав дозиметрических комплектов ДП-22В и ДП-24. Зарядное устройство ЗД-5. Погрешность измерений составляет $\pm 10\%$.

ДС-50 — непрямопоказывающий дозиметр, выполненный в виде авторучки. Конструкция его аналогична ДКП-50А, только он не имеет оптического устройства. Зафиксированная им экспозиционная доза считывается по шкале микроамперметра с зарядно-измерительного устройства. Диапазон измерений гамма-излучений 0-50 Р с погрешностью $\pm 15-20\%$.

ДК-50 предназначен для индивидуального аварийного контроля, для измерения экспозиционной дозы до 50 Р при мощности дозы 20 Р/ч.

Саморазряд дозиметра за сутки не превышает 10 %.

ИД-1 — прямопоказывающий дозиметр в виде авторучки, практически полностью аналогичный ДКП-50А. Шкала проградуирована в рядах — единицах поглощенной дозы, диапазон 2-50 рад для регистрации гамма-нейтронного излучения с мощностью дозы от 10 до 366 000 рад/ч. Зарядное устройство ЗД-6. Срок службы — не менее 15 лет, технический ресурс — не менее 10 тыс. ч. Повышенная вибро- и ударопрочность.

КИД-1 — двоянный индивидуальный дозиметр, состоящий из двух самостоятельных дозиметров (ионизационных камер) с диапазонами измерений 0,02-0,2 Р и 0,2-2 Р рентгеновского и гамма-излучения, энергией 0,15-2 МэВ. Выполнен в виде авторучки. Показание снимают с помощью пульта измерений и зарядки, так как дозиметры непрямопоказывающие. Погрешность составляет $\pm 10-15\%$. Принцип измерения ионизирующих излучений аналогичен работе дозиметра ДК-02.

КИД-2 предназначен для измерения экспозиционной дозы гамма-излучения с энергией 150 кэВ в диапазоне 0,005-1 Р. Устройство аналогично КИД-1, двоянное. Диапазон I — 0,005—0,05 Р, а II — 0,05—1 Р. Дозиметры КИД-4 и КИД-6 являются модификацией КИД-1 и КИД-2 и отличаются только чувствительностью и диапазоном измерений.

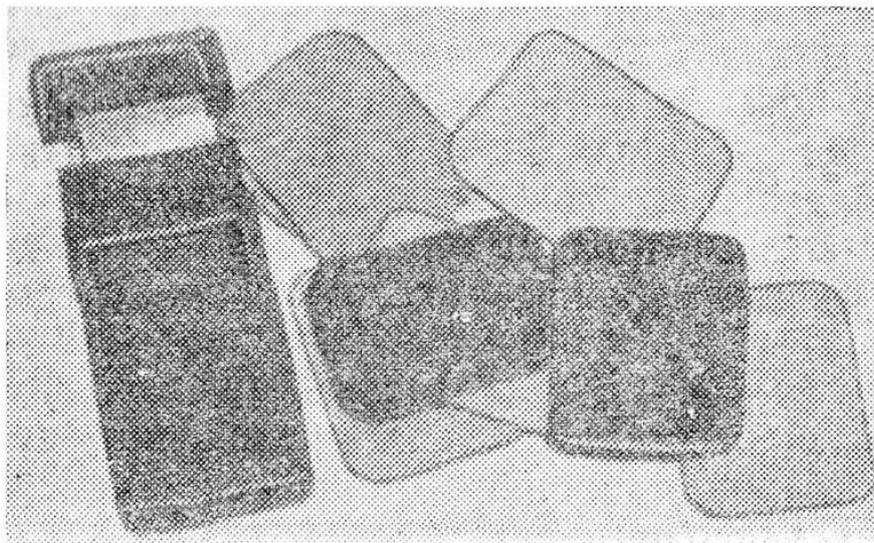
ИДК-4 — непрямопоказывающий дозиметр, выполненный в виде авторучки. Предназначен для измерения рентгеновского и гамма-излучений в диапазоне 0-50 Р при энергии гамма-квантов 30-150 кэВ. Диапазон измеряемых доз разбит на три поддиапазона: 0-0,5; 0-5 и 0-50 Р. Показания снимают с помощью стрелочного прибора переносного измерительного устройства. Конструкция аналогична ДКП-50.

«Щелкун» — предупреждающий дозиметр, предназначен для измерения слабого гамма-излучения и поверхностного бета-загрязнения. Прибор укомплектован двумя типами галогенных счетчиков: типа СИ-2БГ для измерения слабых гамма- или бета-излучений и СТС-3 — мощности экспозиционной дозы от 5-20 мкР/ч до 10-20 Р/ч.

ДРС-01 позволяет, кроме гамма-излучения, измерять также плотность потоков бета-частиц и тепловых нейтронов. Имеет диапазон измерений экспозиционной дозы 0,0001-1 Р.

ДЭГ-07 — дозиметр-сигнализатор, предназначен для ИДК при проведении работ особой радиационной опасности. Регистрирует экспозиционные дозы гамма-излучения с энергией 0,1-1,25 МэВ в диапазоне 0,1-5 Р с основной погрешностью $\pm 20\%$. Прибор имеет 10 порогов звуковой сигнализации. Отсчет значений измеренной дозы производят по светодиодному индикатору.

Приборы, работающие на базе фотографического метода регистрации ионизирующих излучений. *ИФКУ* — дозиметр индивидуального фотоконтроля универсальный (рис. 13). Предназначен для определения эквивалентных доз в диапазоне 0,05-2 бэр при регистрации гамма-излучения с энергией 0,1-3 МэВ, бета-излучения — с энергией 0,02-3 МэВ, а также тепловых нейтронов. Погрешность регистрации дозы бета- и гамма-излучений составляет $\pm 20\%$. Фотодозиметр представляет собой полиэтиленовую кассету, состоящую из светонепроницаемого корпуса, с внутренней стороны которого запрессованы фильтры, исключаяющие определенные виды излучений. Внутри закладывают фотоленку, являющуюся детектором дозиметра.



13. Дозиметр ИФКУ (фотопленочный)

Корпус кассеты разделен на четыре участка (поля). Первое поле при толщине стенки кассеты 3,1 мм используют для измерения дозы бета-излучения, а также фонового гамма-излучения. На втором поле запрессованы алюминиевые фильтры толщиной 1,5 мм, что обеспечивает полное поглощение бета-излучения с энергией до 3,5 МэВ. Поэтому почернение пленки на этом поле определяется только действием фонового гамма-излучения. Третье поле с расположенным в нем компенсирующим фильтром из свинца (0,75 мм) и алюминия (0,5 мм) служит для измерения дозы гамма-излучения. Четвертое, кроме фильтра, компенсирующего ход с жесткостью, содержит кадмиевую фольгу, толщина которой (0,027 мм), обеспечивает одинаковую плотность почернения пленки при равных эквивалентных дозах тепловых нейтронов и гамма-излучения. Числовое значение эквивалентной дозы определяется прибором ИФКУ. Фотоэлемент в зависимости от степени почернения пленки выдает на стрелочный прибор пропорциональное значение. Шкала проградуирована в бэрах.

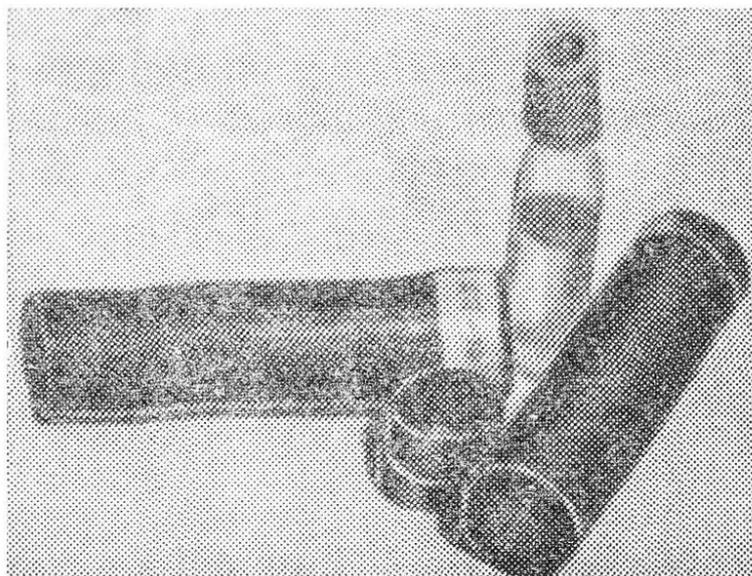
Фотодозиметры ИФК-2, ИФК-3, ИФК-4М устроены аналогично ИФКУ и работают по такому же принципу.

Их используют и для регистрации рентгеновского излучения.

Приборы, работающие на базе химического метода регистрации ионизирующих излучений. ДП-70 — химический дозиметр ИДК (рис. 14). Предназначен для измерения экспозиционных доз жесткого бета- и гамма-излучений с энергиями 0,1—3 МэВ в диапазоне 50—800 Р с погрешностью $\pm 20\%$. Измерение может осуществляться в поле ионизирующих излучений с мощностью доз 1—250 000 Р/ч как непосредственно (визуально), сравнением цветного эталона внутри крышки дозиметра с окраской раствора индикатора (детектора), что соответствует 100 Р, так и более точно с помощью полевого колориметра ПК-56. Дозиметр позволяет фиксировать как однократные дозы излучения, так и дозы, накапливаемые за время до 30 сут.

Конструктивно химический дозиметр устроен так. Детектор (стеклянная ампула первоначально с бесцветным раствором) помещается в металлический футляр дном в сторону его крышки. Носик ампулы находится на резиновом амортизаторе, а вокруг обложен ватой. Под воздействием бета- и гамма-

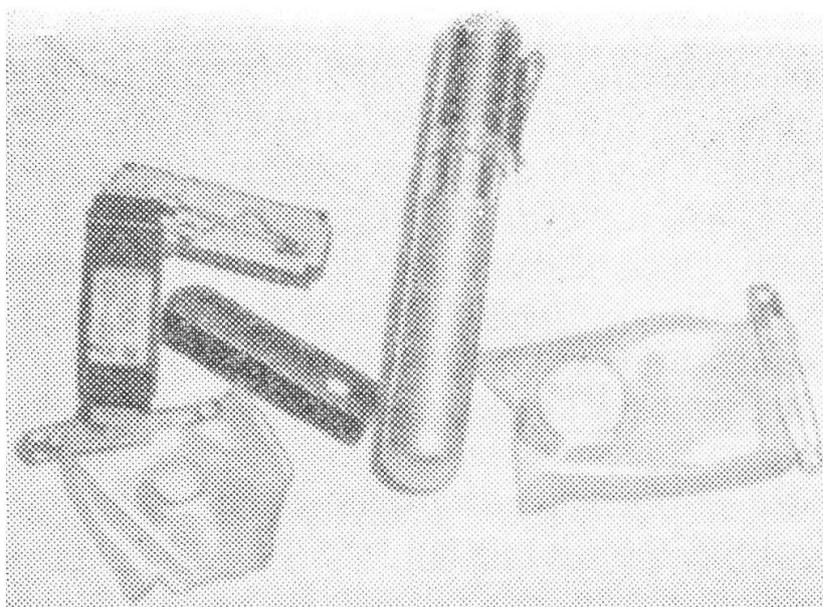
излучений прозрачная жидкость детектора меняет окраску пропорционально полученной дозе, что и является принципом работы химического дозиметра.



14. Дозиметры типа ДП-70

ДП-70М является модернизированным вариантом дозиметра ДП-70 и конструктивно выполнен так же, однако ампулы заполнены разными химическими растворами и ДП-70М позволяет регистрировать суммарную дозу гамма- и нейтронного излучения. Регистрация нейтронных потоков производится соединениями бора, добавляемыми к химическому раствору в ампуле. Диапазон поглощаемой дозы 50-800 рад при точности измерений $\pm 25\%$.

ДП-70МП устроен аналогично ДП-70 и ДП-70М, однако металлический корпус дозиметра заменен на пластмассовый, что позволяет регистрировать наряду с гамма- и нейтронным, а также и бета-излучения. Регистрируется эквивалентная доза в диапазоне 0-800 бэр.



15. Набор дозиметров ТЛД

Приборы, работающие на базе термолюминесцентного метода регистрации ионизирующих излучений. Термолюминесцентные дозиметры (ТЛД) являются современными новыми приборами ИДК и в последнее время идут на замену фотопленочным и ионизационным дозиметрам (рис. 15). Они позволяют производить контроль в самом широком диапазоне доз — от 5 мкрад до 5-10 тыс. рад.

КДТ-1 «Пахра» предназначен для регистрации доз гамма-излучения в самом широком диапазоне $1-10^4$ Р, с детектором на основе лития и фтора и измерительным пультом УПФ-01. Погрешность измерений $\pm 15-25\%$. Термолюминесцентный дозиметр из фтористого лития с добавками магния и титана выполнен в виде таблеток диаметром 0,5 см, толщиной 0,1 см и имеет компенсирующий фильтр для уменьшения зависимости показаний от энергии гамма-излучения. Интегральный метод измерения дозы связан с определением площади под кривой термовысвечивания (светосуммы). Измерительный пульт УПФ-01 работает в термотаймерном режиме: термолюминесцентное излучение, несущее дозовую информацию и связанное с опустошением глубоких ловушек детектора, отражается от зеркала, проходит через светофильтр и поступает на фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), анодный ток которого преобразуется в частоту импульсов аналого-цифровым преобразователем.

КДТ-02 — термолюминесцентный дозиметр, предназначенный для регистрации доз хронического облучения (малых доз), а также охватывает диапазон возможного аварийного облучения 30-1000 Р. Измеряет рентгеновское и гамма-излучение с энергией 0,06—1,25 МэВ с погрешностью $\pm 10-15\%$. По бета-излучению прибор относится к классу индикаторных приборов.

В приборе использован термолюминесцентный метод дозиметрии: запасание энергии в детекторе дозиметра под действием излучения и сохранения запасенной энергии до момента измерения (термического освобождения энергии). При измерении детектор вводят на нагреватель устройства УПФ-2, в котором предусмотрен термотаймерный режим работы, определяемый типом детектора. Световой поток, выделенный детектором при термической обработке, преобразуется ФЭУ в ток, который с помощью амплитудно-цифрового преобразователя превращается в импульсы.

Модификации прибора — дозиметры ДПГ-02, ДПГ-03 и ДПС-Н имеют детекторы на основе фтористого лития и бората магния и диапазон регистрируемых доз соответственно 1-1000 Р; 0,1-1000 и 1-1000 Р.

ИКС-А используют для измерения больших доз гамма-излучения 500-8000 Р с погрешностью $\pm 15\%$ в аварийных условиях. Диапазон энергии излучений от 50 кэВ до 1,25 МэВ. Может хранить информацию в течение года. Детектор дозиметра диаметром 0,8 см, толщиной 0,1 см изготовлен из термолюминесцентного алюмофосфатного стекла марки ИС-7 с добавкой активатора — окиси марганца. При этом используются фильтры из свинцовых пластин на алюминиевой основе.

ИД-II обеспечивает измерение поглощенной дозы смешанного гамма-нейтронного излучения в диапазоне 100-1500 рад, с погрешностью $\pm 15\%$. Сохраняет информацию в течение года. Конструктивно состоит из корпуса и держателя детектора (стеклянной пластинки). Для предотвращения бесконтрольного вскрытия детектора на гайку крышки надевают специальную

пломбу из полиэтилена, которую перед измерением извлекают с помощью специального приспособления. Измерительное устройство (переносное) позволяет считывать информацию из детектора в цифровом виде (в радах).

Поскольку детектор ИД-II при каждом последующем облучении накапливает (суммирует) значение поглощенной дозы, для определения измеряемой дозы нужно вычесть из показаний табло записанное значение предыдущего измерения данного детектора.

Приборы, работающие на базе нейтрон- по активационного метода регистрации ионизирующих излучений. ИАД «Гнейс» — универсальный аварийный индивидуальный дозиметр, предназначенный для измерения дозы гамма-излучения (5-5000 рад), поверхностной кожной (тканевой) дозы бета- и гамма-излучений (1-1000 рад), дозы тепловых нейтронов (0,005-50 рад), дозы промежуточных и быстрых нейтронов (5-5000 рад).

Дозу гамма-излучения измеряют термолюминесцентным детектором из алюмофосфатного стекла ИС-7, а показания снимают на измерительном пульте ИКС-А. Дозу бета- и гамма-излучения на открытых участках кожи регистрируют детектором из стекла ИС-7, закрытым покровным слоем, имитирующим роговой слой эпителия. Для регистрации тепловых нейтронов в стекло ИС-7 вводят литий в количестве, обеспечивающем превышение дозовой чувствительности к тепловым нейтронам. Тканевую дозу промежуточных и быстрых нейтронов измеряют детектором деления на основе алюминиевого сплава. Тканевый дозиметр окружен фильтром из бора-10. Первичную оценку тканевой дозы проводят радиевым детектором, помещенным внутри борного фильтра для уменьшения активации промежуточными и тепловыми нейтронами.

Конструктивно дозиметр выполнен в виде полиэтиленовой кассеты с четырьмя детекторами.

«Дисней» — спектрометр-дозиметр для регистрации нейтронных излучений с нейтронно-активационным детектором и детектором деления. Охватывает весь спектр нейтронов от тепловых до быстрых и сверхбыстрых.

Кроме того, следует отметить, что в некоторых дозиметрических службах и организациях используют и другие приборы ИДК, которые уже промышленность не выпускает, поэтому они в данном пособии не описаны.

Экспрессные методы определения радиоактивности пищевых продуктов, воды и других объектов окружающей среды

Экспрессные методы определения радиоактивности в любых объектах позволяют измерять удельную активность пробы или поверхностное радиоактивное загрязнение непосредственно (экспрессно) без так называемого обогащения измеряемых проб, то есть без концентрирования радиоактивных веществ в материале пробы (выпаривания, озоления, прессования, химического обогащения и т. д.).

В лабораториях СЭС, Госагропрома, Укоопсоюза, торговых организаций и других министерств и ведомств в настоящее время используют «Методику экспрессного определения объемной и удельной активности бета-излучающих нуклидов в воде, продуктах питания продукции растениеводства и животноводства методом «прямого» измерения «толстых» проб.

В ней можно выделить пять основных операций:

отбор и подготовка проб исследуемого материала к измерениям;

подготовка радиометра «Бета» или другого имеющегося у вас прибора к работе; измерение фона;

замер проб исследуемого материала (пищевых продуктов, сырья, воды и других объектов окружающей среды);

расчет радиоактивности (удельной массовой или объемной активности) проб и сопоставление их с допустимой нормой.

Отбор и подготовка проб исследуемого материала к измерениям. Для системного анализа ваших исследований на протяжении нескольких месяцев или ряда лет следует завести журнал, в котором записывать дату, вид измеряемой продукции, тип прибора (он у вас через год-два может поменяться), место отбора проб (например, в каком лесу и когда собраны грибы, ягоды и т. д.) и результаты измерений (расчетов).

Отбор проб растений производят, как правило, на тех же участках, что и пробы почв. Для получения объединенной пробы растений массой 0,5-1 кг натуральной влажности, рекомендуется отбирать не менее 8-10 точечных проб. Надземную часть травяного покрова срезают острым ножом или ножницами (не засоряя почвой), укладывают в полиэтиленовый мешочек, вкладывают этикетку из картона или плотной бумаги, на которой отмечают название растения, фазу вегетации, место отбора, вид отбираемой продукции и дату.

Нижняя часть растений часто загрязнена почвой. В этом случае либо нужно срезать растения выше, либо тщательно отмыть материал дистиллированной водой. С посевов сельскохозяйственных культур следует брать пробы по диагонали поля или ломанной кривой. Объединенную пробу составляют из 8-10 точечных проб, взятых либо из наземной части растений или отдельно — стеблей и листьев, плодов, зерна, корнеплодов, клубнеплодов.

Отбор проб зерна производят по всей глубине насыпи зерна или мешка. Ручным щупом точечные пробы отбирают из верхнего и нижнего слоев, касаясь щупом дна. Общая масса точечных проб при отборе должна быть не менее 1 кг. Зерно перемешивают.

Пробы клубнеплодов и корнеплодов отбирают из буртов, насыпей, куч, автомашин, прицепов, вагонов, барж, хранилищ и непосредственно из земли. Пробы отбирают от однородной партии любого количества, одного сортотипа, заготовленного с одного поля, хранящегося в одинаковых условиях.

Точечные пробы отбирают по диагонали боковой поверхности бурта, насыпи, куч через равные расстояния на глубине 20-30 см. Клубни и корнеплоды берут в трех точках подряд.

Среднюю пробу для анализа выделяют из объединенной, масса ее должна быть 1 кг.

Отбор проб травы и зеленой массы. С пастбищ или сенокосных угодий пробы отбирают непосредственно перед выпасом животных или скашиванием на корм, для чего на выбранном для отбора проб участке выделяют 8-10 учетных площадок размером 1 или 2 м², размещая их по диагонали участка. Травостой скашивают (срезают) на высоте 3-5 см. Полученную со всех точечных проб или учетных площадок зеленую массу собирают на полог, тщательно перемешивают и расстилают ровным слоем, получая таким образом объединенную пробу, из

которой отбирают среднюю пробу для анализа. Для составления средней пробы, масса которой должна быть 1 кг, траву берут порциями по 100 г из 10 различных мест.

Пробы грубых кормов, хранящихся в скирдах, стогах отбирают по периметру скирд, стогов на равных расстояниях друг от друга на высоте 1-1,5 м от поверхности земли со всех доступных сторон с глубины не менее 0,5 м.

Отбор проб продуктов (круп, бобовых, семян и т. п.) аналогичен методам отбора проб зерна. Яблоки, помидоры, баклажаны и др. отбирают по методу отбора корнеплодов и т. п. Из небольших партий продуктов (ягоды, зелень и т. п.) точечные пробы берут в четырех-пяти местах. Объединенная проба по весу или объему не должна превышать трехкратного количества, необходимого для измерения на соответствующем приборе.

Отбор молока и молочных продуктов производят из небольших емкостей (бидон, фляга и др.). Отбирают после перемешивания, а из крупных (цистерна, чан) — с разной глубины емкости кружкой с удлиненной ручкой или специальным пробоотборником. Величина средней пробы составляет 0,2-1 л и зависит от величины всей партии продукции.

Отбор проб мяса, органов сельскохозяйственных животных и птицы выполняют на убойных пунктах колхозов, совхозов, мясокомбинатах, рынках, в личных хозяйствах, а также магазинах.

Пробы мяса (без жира) от туш или полутуш отбирают кусками по 30-50 г в области четвертого-пятого шейных позвонков, лопатки, бедра и толстых частей спинных мышц. Общая масса пробы должна составлять 0,2-0,3 кг. Для специального лабораторного исследования отбирают также кости в количестве 0,3-0,5 кг (позвоночник и второе-третье ребро). Пробы внутренних органов животных отбирают в количествах: печень, почки, селезенка, легкие — 0,1-0,2 кг, щитовидная железа — весь орган. Птицу (цыплят) берут целыми тушками. Кур, индеек, уток, гусей — до 1/4 тушки. Количество проб определяется объемом и характером исследований.

Отбор проб рыбы производят на рыбокомбинатах, хладокомбинатах, рынках, в магазинах, а также при отлове — непосредственно в водоемах. Мелкие экземпляры рыб берут целыми тушками, крупные — только их среднюю часть. Исследованию подлежат все виды рыбы. Масса средней пробы составляет 0,3-0,5 кг. Количество проб определяется объемом и характером исследований.

Пробы яиц отбирают на птицефабриках, птицефермах совхозов, колхозов, на рынке, в магазинах и личных хозяйствах. Величина пробы — 2-3 яйца.

Отбор проб натурального меда производят на пасеках, в магазинах, на рынках, складах и базах хозяйств и потребкооперации.

Забор меда производят трубчатым алюминиевым пробоотборником (если мед жидкий) или щупом для масла (если мед плотный) из разных слоев продукции. Закристаллизованный мед отбирают коническим щупом, погружая его в мед под наклоном. При исследовании сотового меда из одной соторамки вырезают часть сота площадью 25 см². Если сотовый мед кусковой, пробу берут в тех же объемах от каждой упаковки. После удаления восковых крышечек образцы меда помещают на сетчатый фильтр с диаметром ячеек не более 1 мм, вложенный в стакан, и ставят в духовку газовой плиты при температуре 40-45 °С. Масса средней пробы — 0,2-0,3 кг.

Пробы шерсти, технической кости, рого-копытного, пушно-мехового сырья и шкур отбирают аналогично с последующим механическим дроблением или измельчением. Масса пробы — 100-200 г.

Отбор проб соков, сиропов, варенья, воды, компотов производят из перемешанной, однородной массы. Масса пробы — 100-200 г.

Пробы готовых мясных продуктов и колбасных изделий отбирают при их передаче в торговую сеть, непосредственно в магазинах или в местах хранения. Масса проб готовых мясных продуктов, полуфабрикатов и колбасных изделий составляет 200-300 г.

Отобранные пробы в необходимых случаях очищают, отмывают и измельчают. Пробы пищевых продуктов обрабатывают так, как на первом этапе приготовления пищи. Корнеплоды, клубнеплоды и картофель моют в проточной воде. С капусты удаляют несъедобные листья. Пищевую зелень, ягоды и фрукты также промывают проточной водой. Мясо и рыбу моют, с рыбы удаляют чешую и внутренности. С колбасных изделий снимают оболочку, с сыра — слой парафина. Подготовленные продукты измельчают при помощи мясорубки, терки, кофемолки и т. д. Пищевую зелень, траву, сено и т. д. измельчают ножом в эмалированной кювете.

Для измерения на радиометре «Бета» измельченный материал при помощи шпателя или ложки помещают в специальную кювету и уплотняют. Избыток с поверхности удаляют так, чтобы продукт находился на одном уровне с верхними краями корытца. При исследовании воды, молока и других жидких и пастообразных пищевых продуктов корытце заполняют контролируемой пробой.

Подготовка прибора к работе. Подготовка приборов «Бета», СРП-68-01 и других к измерению проб, радиоактивного загрязнения поверхностей или фона описаны в предыдущем разделе.

Измерения фона. Эту операцию осуществляют в пустой, чистой (продезактивированной) чашечке-корытце или же ее можно наполнить дистиллированной водой.

Фон измеряют перед началом исследования проб материала и по его окончанию. Если же проб много и измерения проводят длительное время, то повторные (промежуточные) замеры фона производят через каждые 2 ч работы. Затем все замеры фона суммируют и определяют его среднее значение, которое и используют при расчетах активности исследуемых материалов.

Замеры проб исследуемого материала. Подготовленную к исследованию пробу вставляют в свинцовый домик и в таких же условиях, как измерялся фон (одинаковое расстояние от счетчика и время замера) измеряют ее. На радиометре «Бета» и других приборах, как правило, производят одно измерение пробы в течение 1000 с или два замера по 100 с, или три — по 10 с и из двух более близких значений вычисляют среднее.

Правильное наполнение материалом пробы чашечки, кюветы или корытца позволяют потом автоматически переносить полученные значения удельной активности пробы к килограмму массы или литру объема исследуемого материала без дополнительных взвешиваний и перерасчетов. Это предусмотрено конструкцией прибора. Вот почему важно следить за правильным наполнением измеряемой емкости и не допускать недоливания (или недосыпания) материала пробы, так же как и перенаполнения.

Расчет радиоактивности пробы. Поскольку профессиональные радиометры непосредственно радиоактивность материала исследуемой пробы не измеряют, а определяют ее пропорциональную величину N (скорость счета импульсов, фиксируемых счетчиком прибора в единицу времени), то радиоактивность (удельную активность) определяют расчетным путем по формулам:

$$N = (N_{\text{пр}} - N_{\text{ф}})/t, \quad A = KN \text{ (или } A = N/P),$$

где $N_{\text{пр}}$ — скорость счета частоты следования импульсов при измерении радиоактивного загрязнения «толстого» слоя пробы исследуемого материала (с учетом фона), имп.; $N_{\text{ф}}$ — средняя фоновая скорость счета (с пустой кюветой или наполненной дистиллированной водой), имп.; t — время измерения фона и пробы, с/мин); K — переводной коэффициент (берут из паспорта прибора), Ки·с(мин)/л(кг)·имп.; P — чувствительность радиометра $P=1/K$; A — удельная объемная (Ки/л) или удельная массовая (Ки/кг) активность измеряемой пробы.

Примечание. Методом «толстого» слоя называют исследования таких проб, увеличение толщины которых уже не приводит к увеличению измеряемой величины. Основным достоинством метода является простота, быстрота и достаточная точность измерений (10^{-9} — 10^{-4} Ки/л (Ки/кг)).

Пример. Допустим, что на радиометре «Бета» нужно замерить сухую заварку чая (грузинский, I сорт). На приборе $N_{\text{ф1}}$ получилось равным 20 имп. за $t = 10$ с, а $N_{\text{ф2}} = 19$ и $N_{\text{ф3}} = 21$ имп. Среднее значение фона за 10 с измерений составит 20 имп.

Измеряем три раза в течение 10 с пробу чая. Получаем: $N_{\text{пр1}} = 30$ имп., $N_{\text{пр2}} = 34$ и $N_{\text{пр3}} = 32$ имп. Среднее значение $N_{\text{пр}} = 32$ имп.

$$\text{По формуле } N = \frac{N_{\text{пр}} - N_{\text{ф}}}{t} = \frac{32 - 20}{10} = 1,2 \text{ имп./с.}$$

Коэффициент в данном случае равен:

$$K = 5,26 \cdot 10^{-8} \text{ Ки} \cdot \text{с/кг} \cdot \text{имп.};$$

$$A = NK = 1,2 \text{ имп./с} \cdot 5,26 \cdot 10^{-8} \text{ Ки} \cdot \text{с/кг} \cdot \text{имп.} = 6,3 \cdot 10^{-8} \text{ Ки/кг.}$$

Допустимая норма для чая (сухой заварки) составляет $5 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг, таким образом видим, что замеренный нами чай находится в пределах нормы, т. е. почти в восемь раз ниже нормы.

Однако следует отметить, что в данную методику расчета Госстандартом СССР с 1988 г. внесено дополнение по учету естественного изотопа калий-40. Первая формула расчета активности приняла вид:

$$N = \frac{N_{\text{пр}} - N_{\text{ф}}}{t} - N_{\text{к}},$$

где $N_{\text{к}}$ выбирают из таблицы содержания калия-40 в различных продуктах и сырье¹.

Это изменение в расчетах объясняется тем, что в последние годы из-за чрезмерной химизации полей и в частности использования калийных удобрений в продукцию растениеводства и животноводства поступает значительное количество радиоактивного калия (калия-40), а следовательно, его удельный вес в измерениях радиоактивности продуктов стал значимым и подлежит учету.

¹ Из Методических рекомендаций МЗ УССР и АН УССР

Рассмотрим, как переводить одни величины в другие и какие имеются соотношения между отдельными дозиметрическими единицами. Например, между миллирентгенами и кюри, кюри и бэрами и т. д.

Это единицы совершенно разных физических величин, хотя все они характеризуют радиоактивность или ее воздействие и поэтому не имеют строгих математических соотношений. Ориентировочно, очень приблизительно и только для конкретного региона и «букета» радионуклидов из практики (на эмпирической основе) можно предложить некоторые соотношения. Так, уровень радиации (фон) и загрязненность для определенного района можно определить из соотношений, приведенных в табл. 4.

Зная уровень радиации в данном месте, можно ориентировочно судить о загрязненности радионуклидами данной местности, и наоборот.

Соотношения между одними и теми же величинами в традиционных единицах и единицах системы СИ строго регламентированы и их математические значения приведены в приложении 1.

4. Соотношение уровня радиации и загрязненности земли

Фон, мР/ч	Загрязненность земли, Ки/км ²	Фон, мР/ч	Загрязненность земли, Ки/км ²
0,01	0,1	10	60
0,1	1	20	80
1	8	30	100
2	15	50	150
5	40	100	300

Пример. Допустим, дозиметром измеряли уровень радиации и получили значение 0,020 мР/ч (20 мкР/ч). Определим, какую же дозу от этого фона получит человек, находясь на улице одни сутки, месяц или год, умножив дозу за час на соответствующее время. Получим: за час — 20 мкР, сутки — 480 мкР, месяц — 14 400 мкР, год — 172,8 мР.

Но так как человек определенное время (более 50 %) находится в служебном или жилом помещении, то естественно он получит меньшую дозу. Например, в помещении дозиметр показал значение 0,01 мР/ч (или 10 мкР/ч). Значит, он получит дозу: за сутки — 240 мкР, месяц — 7200 мкР (7,2 мР), год — 86,4 мР.

Если допустить, что этот человек по роду работы и по условиям проживания в среднем за год 50 % времени находится на улице, а 50 % — в помещении, то доза будет средней: за час 15 мкР, сутки — 360 мкР, месяц — 10 800 мкР (10,8 мР), за год — 130 мР. Ну, и если быть более точным, то человек получит не 130 мР, а 130 мбэр, так как бэр (биологический эквивалент рентгена) — это эквивалентная доза облучения человека.

А теперь определим коэффициент ослабления помещением фонового облучения человека на открытой местности. Возьмем те же значения: на улице фон — 20 мкР/ч, а в помещении — 10 мкР/ч:

$$K_{\text{осл}} = 20/10 = 2,$$

т. е. данное помещение ослабляет внешнее облучение человека в два раза. Этот коэффициент еще называют коэффициентом защиты. В данном случае, мы вычислили коэффициент защиты от облучения человека стенами помещения.

Приведем эмпирическое соотношение по радиоактивности пищевых продуктов. Так, измеренная прибором «Поиск» (или другим) мощность экспозиционной дозы (МЭД), обусловленная гамма-излучающими радионуклидами пищевого продукта, в микрорентгенах в час может быть ориентировочно переведена в единицы удельной радиоактивности кюри на килограмм или кюри на литр:

МЭД, мкР/ч	Активность, Ки/кг
3	$2 \cdot 10^{-8}$
7	$5 \cdot 10^{-8}$
13	$1 \cdot 10^{-7}$
25	$2 \cdot 10^{-7}$
50	$4 \cdot 10^{-7}$
100	$8 \cdot 10^{-7}$
125	$1 \cdot 10^{-6}$
250	$2 \cdot 10^{-6}$
375	$3 \cdot 10^{-6}$
500	$4 \cdot 10^{-6}$

Примечание. Данные для прибора «Поиск» (по эталону цезий-137) и для проб с плотностью, равной единице [15].

Из всех бытовых дозиметров и радиометров, предназначенных для населения, только прибор «Белла» проградуирован не в традиционных, а в международных единицах СИ — микрозивертах (единицах эквивалентной дозы). Ориентировочно их можно перевести в традиционные (микрорентгены). Обратимся к описанию прибора «Руководство по эксплуатации» и прилагаемым «Методическим указаниям», утвержденным заместителем директора Института биофизики Минздрава СССР академиком Л. А. Булдаковым 07.09.1989 г.

Диапазон измерений: 0,2-100 мкЗв/ч. Это соответствует: 20-10 тыс. мкР/ч. Для точного перевода: мкЗв = 104 мкР.

Мощность дозы естественного фона составляет около 0,15 мкЗв/ч (15 мкР/ч) и в зависимости от местных условий может меняться в два раза.

Для населения, проживающего вблизи АЭС, Национальной комиссией по радиационной защите (НКРЗ) установлен предел годовой дозы 5 мЗв, что соответствует 500 мбэр или 500 мР (т. к. бэр — это биологический эквивалент рентгена, 1 бэр-1,04 Р).

Если радиоактивное загрязнение измеряемого пищевого продукта достигает 3700 Бк (~4 кБк), то показания прибора «Белла» возрастут от фона местности на 0,15 мкЗв/ч (15,6 мкР/ч). Это соответствует $1 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг (Ки/л) радиоактивного загрязнения и от потребления таких пищевых продуктов рекомендуется отказаться или ограничить их потребление в обычном рационе вдвое, вчетверо, в десять раз (в зависимости от степени загрязнения).

Эта последняя рекомендация Минздрава СССР обязательна для всех приборов: если измеряемое радиоактивное загрязнение равно $1 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг (Ки/л) и выше, то такие пищевые продукты употреблять в пищу взрослого человека (и особенно

детей) нельзя. Они требуют или специальной переработки (см. рекомендации в III главе), очистки или «разбавления» чистыми продуктами.

ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ВЛАДЕЛЬЦАМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВ И САДОВОДАМ-ЛЮБИТЕЛЯМ

Особенности радиационной обстановки после аварии на Чернобыльской АЭС

Авария на ЧАЭС в 1986 г. привела к определенному радиоактивному загрязнению ряда районов Киевской, Житомирской, Ровенской, Черниговской, Черкасской, Винницкой и других областей Украины. Специфика этого загрязнения в том, что при ядерном взрыве изотопы, радионуклиды распыляются до молекулярного, атомного состояния и попав на местность, проявляются как химически активные вещества (окисляются, растворяются, мигрируют и т. д.), то есть переходят из почвы в воздух, воду, растения и таким образом как бы рассасываются. Происходит природное самоочищение. Взрыв на ЧАЭС был не ядерным, а механическим (тепловым) и радионуклиды не расплылись, т. е. оказались связанными в аэрозольных частичках и естественно химически не активными, следовательно в большинстве своем нерастворимыми. На радиоактивно загрязненной местности, где не было перекапывания, перепахивания, рекультивации земель радионуклиды находятся в верхнем сантиметровом слое земли. Легко переносятся ветром, пылевыми бурями и даже брызгами капель дождя с землей на растения. Так происходит вторичное загрязнение.

При взрыве на ЧАЭС в атмосферу было выброшено около 450 типов различных радионуклидов. Из них большинство — это короткоживущие изотопы. Одним из основных был радиоактивный йод-131 с периодом полураспада 8,04 суток, который на 50-70 % и обуславливал радиоактивность того времени. Затем их влияние по мере радиоактивного распада уменьшилось и проявились более долгоживущие: ниобий-95, церий-141, рутений-103, стронций-89, цирконий-95, церий-144, рутений-106, цезий-134, свинец-210, стронций-90, цезий-137, а также были обнаружены трансурановые элементы: нептуний, плутоний, америций, уран, торий и радиоактивные газы: ксенон-133, криптон-85.

Своеобразное состояние выброшенных при аварии радионуклидов было обусловлено тем, что горел графит и очень сильно повышалась температура, что обусловило характер физико-химического состояния выброшенных радионуклидов. Эту особенность и следует учитывать при оценке экологических последствий аварии: частицы с новыми свойствами (оксиды и карбиды некоторых редких металлов). Они плохо смываются водой с поверхности растений и почвы. Растения поглотить их не могут, и эти частицы становятся вечными странниками. Ветер их подхватывает и переносит с места на место. Все это создало специфические, ранее не встречавшиеся, типы загрязнений.

В загрязненных в первые дни водоемах радионуклиды осели на дно и накопились в донных иловых отложениях. А на остальной местности — все радиоактивное загрязнение лежит в поверхностном слое и даже сейчас (четыре года спустя после аварии) поверхностный слой земли является основным источником радиационной опасности.

Чтобы уяснить себе масштабы катастрофы, можно сделать сравнения: суммарный выброс из реактора IV блока ЧАЭС в три миллиона раз превышает выброс на американской АЭС «Тримайл Айленд» и является по радиоактивному загрязнению эквивалентным взрыву 330-ти двадцатикилотонных атомных бомб («Медицинская газета» от 19.01.1990 г.). А по оценке академика А. Сахарова — суммарное долговременное воздействие радиации от разрушенного реактора адекватно взрыву десятимегатонной водородной бомбы, т. е. 500 двадцатикилотонных атомных бомб («Московские новости» №29 от 17.07.88 г.). Директор Национального центра по исследованиям в области атомной энергетики М. Танока (Япония) отметил, что в результате взрыва атомной бомбы над Хиросимой суммарный выброс радиоактивности составил 0,74 кг, в то время как при аварии в Чернобыле — 63 кг («Красная Звезда» от 24.01.1990 г.).

Подсчитано, что за весь период испытаний ядерного оружия в атмосфере с 1945 по 1962 г. образовалось около 53 млн Ки радиоактивного стронция и цезия (19,3 млн. Ки стронция-90, 32,7 млн Ки цезия-137), в то время, как при аварии на ЧАЭС суммарный выброс радионуклидов (без учета урана, плутония и радиоактивных газов) составил 500 млн. Ки («Вечерний Киев» от 28.03.90 г.). Интересно отметить, что перед началом испытаний ядерного оружия на земном шаре, цезия-137 вообще не было обнаружено в организме человека и животных.

Радиоактивному загрязнению на Украине в результате аварии на ЧАЭС и последующего распространения радионуклидов подверглась территория площадью 3,5 млн. га сельскохозяйственных угодий, в том числе почти 2 млн. га пашни. Загрязнено также более 1,5 млн. га лесов и садов, а также свыше тысячи населенных пунктов (с обрабатываемыми приусадебными, дачными участками земли и садов). Значительная часть земель отчуждена и навечно изъята из севооборота. Пострадало также большое количество активно используемых водоемов и колодцев. Часть из них пришлось закрыть (оградить), а более двух тысяч колодцев продезактивировать. В места захоронения вывезено более 150 тыс.м³ радиационно-загрязненного грунта. Одновременно произведено известкование почти 50 тыс. га сельскохозяйственных угодий, а на 149 тыс. га внесено минеральных удобрений. Все это позволило уменьшить на обработанных участках гамма-фон в 2-3 раза.

Основные рекомендации по ведению индивидуальных хозяйств и работ на дачных участках

Оценить радиационную обстановку в хозяйствах или на дачных участках можно с помощью бытовых дозиметрических и радиометрических приборов.

Первичную оценку радиационной обстановки в своей квартире, на даче, участке или в хозяйстве можно произвести простым бытовым дозиметром. Для этого, прежде всего, необходимо измерить уровень радиации (фон) в нескольких точках исследуемого объекта на высоте примерно 1 м от пола (поверхности земли).

Найти места с повышенным уровнем радиации. За эталон можно принять фон г. Киева — 18 мкР/ч (0,018 мР/ч). Если будут обнаружены существенные превышения (в 2-5 раз), то эти участки следует обозначить (огородить или очертить мелом) и произвести повторные более детальные измерения. Для этого можно накладывать датчик (или сам прибор) непосредственно на обследуемую поверхность или предмет и фиксировать полученные результаты в журнале.

Если найдено загрязнение в квартире или на даче, то следует произвести дезактивацию (согласно приложению 2) загрязненного пола или предметов (ковры, дорожки, подстилки, диван, постельное белье, кресла и т. д.), т. е. мойку, стирку, чистку, обработку пылесосом с целью удаления радиоактивной пыли или других загрязнений. Если же это поверхность земли, луга, почвы, сада, то следует провести рекультивацию, т. е. снять со всей загрязненной площади 3-5-сантиметровый слой и, выкопав в конце участка яму глубиной 1,5-3 м, захоронить в ней. Можно применить другой метод — глубоко перепахать землю (на 10-20 см глубже обычной, с тем, чтобы при последующих повторных вспахиваниях земли не поднять загрязненный радионуклидами слой опять на поверхность).

Иногда оказывается эффективным и обычное сгребание листьев, травы в дальний угол участка, сжигание их и захоронение. Это можно делать, если грунтовые воды не подходят близко к поверхности земли, в противном случае биомассу необходимо вывозить в установленные места.

После всех мероприятий следует произвести повторные замеры и убедиться в эффективности дезактивации, рекультивации, глубокой перепахки или обычной очистки участка. Следует отметить, что на песчаной почве глубокая перепахка, как правило, эффекта не даст, так как происходит перемешивание загрязненного поверхностного слоя и радионуклиды распределяются по всей глубине обрабатываемой земли равномерно.

В районах повышенного радиоактивного загрязнения почв (Киевской, Житомирской, Ровенской, Черниговской, Черкасской, Винницкой и других областей) описанные мероприятия нужно проводить и без аппаратного обследования, на основании общих данных о радиационной обстановке в данной местности или населенном пункте (согласно публикуемым картам, схемам, таблицам о радиоактивном загрязнении).

Очистка от радионуклидов и обработка почв в личных хозяйствах и на дачных участках — основа того, что полученная на них продукция растениеводства будет чистой, а чистота травяного покрова лугов и растительности на полях — залог того, что и продукция животноводства также будет чистой.

Практически, территория Украины в настоящее время и в будущем будет загрязнена цезием-137, стронцием-90, плутонием-239, 240).

На почве сейчас находится 110 тыс. Ки цезия-137, 100 — стронция-90 и около 1 тыс. Ки плутония. В пунктах захоронения и временной локализации радиоактивных отходов находится еще 140 тыс. Кп цезия-137, около 60 — стронция-90 и 1400 Ки плутония. И какие бы меры не принимались, а вынос радиоактивности за пределы тридцатикилометровой зоны в настоящее время все же происходит. И основной путь — водный. В почве пойм и донных отложениях находится, по приблизительным подсчетам, около 15 тыс. Ки цезия-137, 7,5 тыс. Ки стронция-90 и 250 Ки плутония. По Киевскому водохранилищу ежегодно выносятся 350 Ки стронция («Вечерний Киев» от 21.02.90 г.).

По данным радионуклидам сейчас установлены следующие временные нормы содержания их в почве: до 15 Ки/км² — цезия-137, 3 — стронция-90 и 0,1 Ки/км² — плутония.

Известно, что радиоактивные изотопы стронция и цезия, являющиеся химическими аналогами соответственно кальция и калия, имеют высокую биологическую подвижность. При наличии в почвах они интенсивно поступают в растения. По имеющимся данным переход из почвы в растения, так называемый период «корневого поступления», наступает со второго года после радиоактивного загрязнения территории, по данным других авторов — на третий год. Размеры перехода радионуклидов из почвы в растения часто определяют величиной коэффициента накопления K_H растениями, который представляет собой отношение содержания радионуклида в единице растительной массы C_P к содержанию радионуклида в единице массы почвы $C_{П}$:

$$K_H = C_P / C_{П}$$

Например, при интенсивном поступлении из почвы в растения стронция-90 коэффициент его накопления может достигать 30 и более, в зависимости от типа почв и вида растений (табл. 5).

Данный коэффициент позволяет прогнозировать содержание того или иного радионуклида в выращенном урожае: от плотности загрязнения почвы через K_H можно перейти к содержанию радионуклида в будущем урожае с учетом типа почв и вида растений. Наиболее опасными являются стронций-90 и цезий-137, которые характеризуются относительно высоким выходом при аварии на ЧАЭС, большим периодом полураспада, высоким коэффициентом перехода из почвы в растения и интенсивностью включения в биологические цепочки.

5. Коэффициент накопления радионуклидов для овса

Радионуклиды	Коэффициент накопления							
	дерново-подзолистые				Серая лесная почва		выщелоченный чернозем	
	супесь		суглинок		солома	зерно	солома	зерно
	солома	зерно	солома	зерно				
Стронций-90	35,0	2,7	10,0	0,5	1,6	0,12	1,2	0,09
Цезий-137	2,3	1,3	0,6	0,3	0,18	0,05	0,13	0,03
Рутений-106	0,3	0,01	0,12	0,005	0,05	0,003	0,03	0,006
Церий-144	0,08	0,01	0,006	0,04	0,007	0,002	0,003	—
Прометий-147	1,4	0,14	0,7	0,05	0,3	0,01	0,1	0,02

Среднеживущие (по периоду полураспада) радионуклиды (церий-144, рутений-106, прометий-147 и др.) не представляют большой опасности для загрязнения растениеводческой и животноводческой продукции. Так, например, при поступлении из почвы в злаковые растения они в основном задерживаются в корневой системе (99% общего количества в растении) и практически не накапливаются в корнеплодных растениях.

Очень токсичный плутоний, который также вошел в «чернобыльский букет». Но по последним данным он практически не поступает из почвы в растения и относится к радионуклидам с очень низкой биологической подвижностью. Основная опасность загрязнения плутонием растений — поверхностное

(первичное и вторичное) радиоактивное загрязнение после аварии на ЧАЭС. Например, в 1988 г. было зафиксировано несколько случаев загрязнения шляпок грибов пылинками различной дисперсности, содержащими плутоний, которые прочно зафиксировались на грибах, очевидно, при выходе их из-под поверхностного слоя земли. Фиксация пылинок загрязненной земли характерна для маслят, сыроежек (некоторых сортов), зеленушек, груздей и пр. Польский гриб в большей степени загрязняется через корневую систему грибницы.

Однако, по данным белорусских авторов, плутоний с 1989 г. начал переходить в ионное состояние и становится более подвижным, а пятна радиоактивного загрязнения на территории БССР, связанные с плутонием-239 и плутонием-240 начали «расползаться», загрязняя (вторично) новые территории.

Для радионуклидов в широком диапазоне концентраций в почве наблюдается прямая пропорциональная зависимость между содержанием их в почве и количеством перехода из нее в растения. Например, увеличение концентрации радионуклидов в почве в 10 раз (с 1 до 10 Ки/км²) повышает содержание их в растениях также в десять раз.

В товарной части растениеводческой продукции (зерно, корнеплоды, клубни) на единицу сухой массы больше всего содержат стронция-90 корнеплоды (столовая свекла, морковь), несколько меньше — бобовые культуры (горох, соя, вика), затем картофель и наименьшее количество — зерновые злаковые культуры (пшеница, рожь). Причем озимые культуры (пшеница, рожь) обычно накапливают стронция и цезия меньше, чем яровые (овес, ячмень, яровая пшеница).

Большие различия в содержании радионуклидов наблюдаются у различных растений лугов и пастбищ. Они отличаются большим накоплением радионуклидов по сравнению с растениями на пахотных почвах. Это связано с поглощением элементов питания травами из дернины, в которой собираются радионуклиды. Поэтому стронций и цезий накапливаются в травах естественных пастбищ в значительно больших количествах, чем в сеяных.

Самые незначительные накопления радионуклидов отмечаются в плодах фруктовых деревьев и ягодах кустарников (малина, смородина, крыжовник и пр.) и они в настоящее время практически чистые. Высокая радиоактивность смородины, облепихи, калины, поричек в 1986 году была обусловлена только поверхностным радиоактивным загрязнением цветочной завязи. За счет поверхностного загрязнения отмечалась также высокая радиоактивность щавеля, салата, петрушки, зеленого лука, ботвы картофеля (при абсолютно чистых клубнях) и др.

Таким образом, из установленных закономерностей поступления радионуклидов из почвы в растения, можно рекомендовать некоторые практические мероприятия по уменьшению загрязненности растениеводческой продукции: *изменение кислотности* почвенного раствора, путем известкования почв, внесения органического вещества, прудового ила, торфа, глины (предварительно проверив их радиоактивность); *расширение посевных площадей* под озимые культуры, сокращая посев яровых; *увеличение посева* растений с более низким накоплением радионуклидов; *рациональное соотношение* скороспелых и позднеспелых сортов, учитывая, что позднеспелые обычно накапливают в 1,5-2 раза меньше радионуклидов на единицу массы, чем раннеспелые.

Степень загрязнения радионуклидами продукции животноводства связана с особенностями кормления животных, хотя для некоторых видов не менее важно учитывать и поверхностное радиоактивное загрязнение. Например, шерсть сильно загрязненных овец практически не поддается дезактивации и использование этого сырья представляет определенные трудности.

Цельное молоко наиболее чувствительно к радиоактивному загрязнению кормов. Установлено, что молоко с повышенным уровнем радиоактивности будет даже при загрязнении территории в 1-2 Ки/км² (но суммарному содержанию радионуклидов).

В индивидуальных подсобных хозяйствах в зоне загрязнения можно содержать молочных коров и коз лишь при условии, что колхоз (совхоз) выделил специальные окультуренные пастбища и сенокосные угодья. Использование для этих целей неокультуренных естественных (особенно лесных) пастбищ нежелательно. В случае отсутствия кормов, пригодных для получения чистого цельного молока, можно содержать коров на загрязненных кормах, однако употребление молока в этом случае запрещается. Его нужно сдавать для переработки на масло. Сыворотку и обрат можно использовать на корм скоту. Выпаивание загрязненного молока свиньям приводит к загрязнению мяса свинины выше установленных уровней.

Анализ структуры грубых кормов крупного рогатого скота в зоне Полесья показал, что загрязнение молока и мяса на 35 % в период стойлового содержания и больше чем на 90 % летом, обуславливается загрязнением травы и сена. Однако в общественном секторе специальные службы ведут строгий контроль за радиоактивным загрязнением продукции животноводства, в то время как в частном секторе его практически нет. Поэтому с получением бытовых дозиметров и радиометров этот пробел необходимо восполнить.

По данным Украинского филиала ВНИИСельхозрадиологии, концентрация цезия-137 в мясе крупного рогатого скота в 3-4 раза больше, чем в молоке, если животные содержатся на загрязненных кормах. Однако через 1,5-2 мес. цезий выводится (особенно хорошо у молодняка), если на этот период перейти на чистые корма. Пробовали ускорить выведение цезия-137 из мышечной ткани крупного рогатого скота путем скармливания различных препаратов, но положительного эффекта не получили. Оказалось эффективным только кормление чистыми кормами в передубойный период.

Содержание кроликов и птицы в частных хозяйствах и на дачах ничем не регламентируется при условии, что за 1-1,5 мес предполагаемого убоя они будут переведены на чистые корма, а содержание птицы будет безвыгульным. Мясо (тушки) используют тогда без ограничений, а пух и перо птицы промывают в растворах стиральных порошков перед использованием. Шкурки кроликов при радиоактивном загрязнении дезактивируют раствором поваренной соли (50-60 г/л) и кремнефтористого натрия (1,5 г/л), а затем промывают чистой водой.

При наличии в рационе птиц загрязненных кормов, получаемые от них яйца будут радиоактивными. Допустимое содержание радионуклидов в яйцах составляет $5 \cdot 10^{-8}$ Ки/шт. При более высокой концентрации радионуклидов яйца необходимо перерабатывать на меланж. Скорлупу с радиоактивно загрязненных яиц можно использовать для выработки кормов, а сильно загрязненных — захоронить.

Ловить рыбу можно только в водоемах, воду из которых используют для питья или поения животных. Следует учитывать, что организм рыб (особенно хищных) собирает и накапливает радиоактивные вещества. Так, в костях щуки было обнаружено в 20-30 раз больше стронция-90, чем в воде Киевского моря.

Охотиться можно везде, где разрешено правилами, действующими на Украине, но мясо дичи, копытных животных и зайцев нужно перед употреблением обязательно проверить на радиоактивность, так как водоплавающие птицы (особенно утки) могут накапливать значительное количество радиоактивных веществ, поедая донные растения и организмы. Кроме того, они заглатывают и донный радиоактивный ил. Зайцы могут поедать загрязненную растительность.

Пчеловодством и звероводством можно заниматься без ограничений. Дикорастущие плоды, грибы, лесные ягоды и лекарственные травы можно заготавливать во всех лесах, не имеющих ограничительных знаков и надписей, имея при себе бытовой дозиметр (радиометр) или же в строгом соответствии с картой-схемой Украины, на которой обозначены ограничительные зоны и рекомендации («Прапор комунізму» или «Вечерний Киев» от 5.07.1989 г.). Заготавливать сено и выпасать скот в лесах не следует. Не рекомендуется также собирать хворост на дрова. Зола 1987-1988 гг. нельзя использовать как удобрение. Все растительные остатки 1986 г., которые сохранились на участке, запрещается использовать в качестве топлива и удобрений (компостов), а также сжигать на открытых кострах. Их надо захоронить.

Весеннюю обработку почвы проводят по возможности раньше, пока она сырая, в дальнейшем все работы производят после дождя или полива, чтобы было меньше пыли. После работ надо помыться теплой водой с мылом. При купании в местах отдыха необходимо пользоваться лежаками или подстилками.

Следует обратить внимание на воду, используемую для полива. Если в ней содержатся радионуклиды (цезий-137, стронций-90 и плутоний-239), то они будут накапливаться в почве орошаемых участков и уже через 10-20 лет могут загрязнить ее сверх допустимых пределов.

Рекомендации по гигиене питания и профилактическим мероприятиям

Основным фактором радиационной опасности в настоящее время является загрязненный радионуклидами поверхностный слой земли, донные иловые отложения в водоемах и зафиксированное поверхностное радиоактивное загрязнение деревьев, строений и других объектов, на которые в 1986 г. осела радиоактивная пыль.

Ранней весной появляется опасность перехода радиоактивных веществ в нижние слои атмосферы (сферу обитания человека, животных и растений). Радиоактивные аэрозоли взвешены в воздухе и медленно, иногда неделями и месяцами, выпадают опять на поверхность земли, почву, листья, траву, кустарники и крыши домов. В зависимости от погодных условий воздушные течения могут переносить их на большие расстояния, иногда на сотни километров.

Таким образом, повышается угроза как внешнего, так и внутреннего облучения за счет поступления радионуклидов с вдыхаемым воздухом. Необходимо до

минимума сократить в этих случаях пребывание на открытом воздухе (особенно, в ветреные дни), стараться большую часть времени находиться в помещении. Как известно, коэффициенты ослабления внешнего облучения в различных помещениях составляют 2-100.

Кроме того, в связи с тем, что радиоактивные вещества распространяются, главным образом, с пылью, необходимо по мере возможности систематически и тщательно производить влажную уборку жилых помещений, дач, стен строений, деревьев и др. При входе в помещение следует вытирать ноги о влажный коврик, затем тщательно очищать от пыли обувь. В периоды повышенного радиационного воздействия как никогда важно соблюдать правила личной гигиены: тщательно мыть руки перед едой, придя домой, принять душ, меньше пользоваться косметическими средствами (губной помадой, кремом и пудрой). Следует помнить, что на поверхности почвы, траве, цветах, листьях деревьев и кустарников, хвое радиационное загрязнение может быть несколько выше, поэтому во время дождя не рекомендуется находиться под деревьями. При проведении каких-либо работ, связанных с повышенным пылеобразованием (например, при сельскохозяйственных работах, уборке улиц и помещений), целесообразно пользоваться респираторами или марлевыми повязками.

Наряду с ежедневной тщательной уборкой необходимо следить, чтобы в квартире не было сквозняков. Различные сыпучие продукты, особенно хорошо впитывающие воду (например, соль, сахар и др.), следует хранить в герметически закрытых банках.

И в то же время, рекомендуется больше бывать на свежем воздухе (прогулки в парках, лесопарках, в зонах отдыха, где относительно чистый воздух и нет пыли).

Питание человека в периоды повышенного радиационного воздействия должно быть полноценным, разнообразным, содержать большое количество высококалорийных питательных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, аминокислот. Особенно следует обратить на это внимание любителей всевозможных (голодных, полуголодных и др.) диет, так как при опасности повышенного внутреннего облучения подобная диета может привести к неблагоприятным последствиям. Многие макроэлементы (натрий, калий, кальций, фосфор и др.) являются конкурентными антагонистами некоторых радионуклидов. Поэтому при снижении поступления в организм какого-нибудь из них резко возрастает опасность накопления в соответствующем критическом органе его конкурентного радиоизотопа. При нормальном и даже повышенном поступлении в организм макроэлементов с продуктами питания конкурентные радионуклиды не могут полностью включаться в обмен и преимущественно выводятся из организма.

Например, радиоактивные стронций и радий всасываются в кишках, однако значительно медленнее, чем нерадиоактивный кальций, который является ионным конкурентом этих радионуклидов, включающихся в обмен по кальциевому пути. Поэтому достаточное количество кальция в организме препятствует накоплению стронция и радия и способствует их выведению. Наоборот, дефицит кальция в пище способствует накоплению в организме стронция. По данным ВОЗ, для нормального кальциевого баланса необходимо ежедневно вводить с пищей 0,4-0,5 г кальция взрослым, 0,4-0,7 — подросткам и 1-1,2 г — беременным женщинам.

По мнению большинства ученых, в периоды повышенной радиации и угрозы поступления радионуклидов внутрь ежедневную дозу необходимо повысить в 2-3 раза (до 1-2 г). Каких-либо специальных препаратов кальция принимать не надо, лучше ввести его с пищей. Например, в 1 л молока содержится 1-1,2 г кальция. Рекомендуется увеличить содержание в пищевом рационе сгущенного молока, твердых и плавленых сыров, кальцинированного хлеба, говядины и яиц, а также растительных продуктов, богатых минеральными солями и витаминами (абрикосы, айва, вишни, черешни, цитрусовые, смородина, шиповник, виноград, малина, кабачки, петрушка, укроп и др.).

Ионным конкурентом другого распространенного радионуклида — цезия-137, создающего опасность внутреннего облучения, является калий. Увеличенное поступление в организм калия с такими продуктами как баклажаны, зеленый горошек, картофель, помидоры, арбузы, также может снизить накопление радиоактивного цезия в критических органах.

В пищевом рационе в большом количестве должны содержаться витамины. По данным многочисленных исследований, с одной стороны, даже при малых дозах ионизирующего излучения увеличивается потребность организма в витаминах, с другой — под влиянием многих витаминов, обладающих определенными свойствами, организм легче переносит повышенные уровни радиации. Это связано с тем, что некоторые витамины, например витамин Е, являются антиоксидантами, т. е. защищают многие биологические вещества от окисления. А чем меньше в клетках содержится кислорода, тем они менее чувствительны к ионизирующему излучению. Под влиянием многих витаминов повышается устойчивость организма к инфекциям, прочность сосудистой стенки, улучшается кроветворение. Поэтому целесообразно увеличить содержание в пищевом рационе продуктов, богатых витаминами А, Е, Р, С, группы В. Основными источниками витамина Е являются неочищенные растительные масла — соевое, кукурузное, подсолнечное, облепиховое, масло шиповника. В небольших количествах он содержится в пищевых продуктах животного происхождения, фруктах и овощах. Витамин А есть в печени рыб, яичном желтке, молоке, сливках, сметане, сливочном масле и сырах повышенной жирности. Предшественники витамина А, так называемые каротиноиды, имеются в моркови, красном перце, персиках, абрикосах, облепихе, рябине, шиповнике, тыкве, спелых помидорах. Витамин С особенно много в шиповнике, смородине, цитрусовых, зеленом горошке, кабачках, моркови, свекле, редьке, цветной капусте, укропе и др. Витамины группы В в большом количестве содержатся в хлебном квасе и дрожжевом тесте.

Все овощи и фрукты перед употреблением следует тщательно вымыть и очистить, а отвары, оставшиеся после их кулинарной обработки, лучше выливать. В связи с тем, что при варке овощей часть витаминов, особенно витамин С, разрушается, можно дополнительно с профилактической целью принимать аскорбиновую кислоту с глюкозой или поливитаминные препараты «Ундевит», «Декамевит» и др.

Для улучшения белкового и липоидного обмена рекомендуется употреблять больше аминокислотных продуктов (паста «Океан», морская капуста, криль, морская рыба).

Но следует помнить о том, что в результате технологической переработки пищевого сырья и кулинарной обработки продуктов содержание в них радионуклидов существенно снижается. Например, при переработке зерна в муку и крупу удаляются оболочки, на которых в больших количествах сорбируются радионуклиды. Значительная часть вредных веществ с овощей и фруктов удаляется при мытье и снятии кожуры. При варке картофеля и свеклы, а также капусты, гороха, фасоли, щавеля, грибов и столовой зелени активность радионуклидов снижается еще на 10-20 %. Следовательно, вся сельскохозяйственная продукция должна подвергаться тщательной очистке, мытью и соответствующей кулинарной обработке.

Следует учитывать, что при сушке и вялении грибов, яблок, груш, винограда происходит концентрация радионуклидов в единице массы или объема в десять и более раз. Свежие овощи, фрукты и ягоды необходимо промывать в проточной воде, а иногда желательнее даже вымачивать. Так, радиоактивно загрязненная клубника (летом 1986 г.) при выдержке в течение 30-40 мин в кислой воде (1 столовая ложка лимонной кислоты на 3 л воды) теряла 50 % своей начальной радиоактивности.

Предложим еще несколько практических рекомендаций. Нежелательно отваривать и запекать картофель в кожуре. При варке овощей целесообразно сначала отварить их до полуготовности, затем слить воду, залить овощи новой порцией воды. Перед приготовлением мяса следует предварительно вымочить в холодной воде небольшими кусками в течение 1-2 ч, затем залить холодной водой и варить при слабом кипении до полуготовности без добавления соли. Отваренное таким образом мясо нужно использовать для приготовления различных первых и вторых блюд, особенно для детей.

Необходимо помнить о том, что при жарении мяса и рыбы происходит их обезвоживание и на поверхности образуется корочка, препятствующая выведению вредных веществ. Поэтому следует отдавать предпочтение отварным мясным и рыбным блюдам, а также блюдам, приготовленным на пару. При использовании в пищу таких субпродуктов, как печень, почки, купленные в магазине, следует пользоваться теми же кулинарными приемами, что и при обработке мяса, а такие субпродукты, как легкие и вымя лучше в пищу не употреблять.

Следует также учитывать, что из костей рыбы с повышенным содержанием стронция-90 в бульон, уху, суп переходит 10-40 % стронция. Из говяжьих костей в кислую среду (борщ) может переходить до 60-70 % стронция-90, в обычный бульон — до 40 %, При приготовлении птицы, содержащей стронций-90, из костей в бульон переходит только 2-11 % стронция.

Для выведения уже попавших в организм радионуклидов рекомендуются следующие мероприятия. Рациональное питание, содержащее в достаточном количестве продукты, вызывающие выраженное механическое, химическое и термическое раздражение, перистальтику кишечника. Полезны продукты, в значительном количестве содержащие грубую растительную клетчатку (хлеб грубого помола, перловая и гречневая каши, холодные фруктовые и овощные супы, блюда из вареных и сырых овощей), а также продукты, содержащие органические кислоты (кефир, простокваша, кумыс). При этом надо помнить, что холодная жидкость усиливает перистальтику кишечника и его опорожнение.

Однако вначале для адаптации к приему холодной жидкости лучше пить воду (кефир) комнатной температуры, постепенно переходя к более холодной. Полезны также настой чернослива с сахаром, отвар пшеничных отрубей, морская капуста (добавлять в первые блюда). Желательно больше употреблять в пищу различных растительных масел — оливкового, кукурузного, подсолнечного (по 2-3 столовые ложки в день), добавляя их в различные салаты, а также свекольный сок (по 1/4 стакана 3 раза в день).

Если в течение 10-14 дней функция кишечника не нормализуется, целесообразно пользоваться легкими слабительными средствами растительного происхождения (почечуйная трава, спорыш, корень солодки, корень одуванчика, семя льна, семена подорожника). Травы нужно приобретать в аптеке, так как на рынке могут быть травы, собранные в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению. При отсутствии достаточного эффекта можно пользоваться более сильными растительными слабительными средствами (кора крушины, лист сены, корень ревеня, алоэ, плоды жостера и др.). Лекарственные травы обычно заваривают кипятком (на 1 столовую ложку 1 стакан кипящей воды), настаивают, фильтруют и употребляют от 1-2 столовых ложек до 73 стакана 2-3 раза в день за 15 мин до еды. Если же и после применения этих средств функция кишечника не нормализуется, необходимо обратиться к врачу.

Питьевой режим. В период повышенного радиационного воздействия нельзя ограничивать потребность человека в воде. Однако необходимо знать и о том, что вода не должна задерживаться в организме, а, по возможности, выводиться как можно быстрее. Задержке воды в организме способствуют соли натрия, избыточное питание, пища, богатая углеводами и белками. Например, соли калия и кальция способствуют ее выведению из организма. Продукты, богатые этими элементами, уже описаны выше. Добавим только, что количество жидкости лучше увеличивать за счет различных соков, хлебного кваса, витаминных напитков, чая.

Несколько подробнее следует остановиться на широко распространенном в нашей стране напитке — чае. В 1986 году радиоактивное загрязнение коснулось чайных плантаций как у нас в стране, так и за рубежом и, в частности, в Турции. Исследования, проведенные в ряде лабораторий, в том числе и Союзом «Чернобыль» показывают, что повышенное радиоактивное загрязнение турецкого чая имеет «чернобыльское» происхождение. Так, четыре образца с торговым знаком «Rize» и один — «Kamelya» были подвергнуты гамма-спектрометрическому анализу на низкофоновом полупроводниковом гамма-спектрометре. Кроме того, для сравнения была измерена также радиоактивность некоторых сортов чая советского и импортного производства (табл. 6, спецвыпуск газеты «Советская торговля» №7 от 16.04.1990 г.). Но даже самое большое загрязнение турецкого чая, составляющее 420 Бк/кг, находится в пределах норм международной торговли для всех продуктов (кроме молочных) — 600 Бк/кг.

В результате исследований установлено, что радионуклиды из сухой заварки чая в заварочную жидкость переходят только через 16-20 ч.

Таким образом, свежезаваренный чай не только безопасен, но и полезен и его можно пить без ограничений.

6. Радиоактивность чая. Бк/кг

Страна - производитель	Наименование, сорт	По цезию-137	По цезию-134	Суммарная
Турция	Rize	360	60	420
	Kamelya	270	40	310
СССР	Грузинский (высший)	140	15	155
	Грузинский № 36	70	Меньше 0,3	70
	«Бодрость»	37	10	47

Примечание. Радиоактивность чая Dragon (Китай), индийского (высший сорт) и С.Т.С. (Индия), Tea (Англия), Wild Cherry (Цейлон) меньше 0,3 Бк/кг по всем показателям.

Среди населения бытует мнение, что в периоды повышения радиационного фона полезно употреблять спиртные напитки. Действительно, в небольших дозах красные вина способствуют кроветворению, а содержащиеся в красных терпких винах некоторые фенольные соединения (антоцианы, катехины) способны образовывать с некоторыми радионуклидами нерастворимые комплексы, которые в последующем выводятся из организма. Кроме того, красные виноградные сухие вина в какой-то степени предотвращают гиповитаминоз. Все это не относится к другим (особенно крепким) спиртным напиткам. Алкоголь оказывает прямое токсическое влияние на внутренние органы человека, особенно на печень, поэтому ежедневный прием спиртного, несомненно, принесет вред. Гораздо полезнее употреблять свежесваренный, особенно зеленый, чай, который содержит намного больше фенольных соединений, чем вино. К тому же в листьях чая содержится повышенное количество витамина Р, который уменьшает проницаемость и ломкость капилляров и имеет антиоксидантные свойства.

Многих интересует, существуют ли специальные медицинские препараты, защищающие людей от радиационного воздействия, и имеется ли необходимость их массового приема населением, неожиданно оказавшимся в силу тех или иных причин в условиях повышенного фона. Такие средства в арсенале медиков действительно имеются. Они называются **радиопротекторами** и способны снижать радиочувствительность организма, замедлять течение радиохимических реакций. Механизм действия радиозащитных средств обусловлен способностью вызывать в клетках организма состояние гипоксии, т. е. снижать внутриклеточное содержание кислорода, понижая чувствительность клеток к ионизирующим излучениям, а также защищать от повреждения ферменты и нейтрализовывать свободные радикалы. Однако необходимо помнить, что принимать радиопротекторы нужно только тогда, когда существует реальная угроза воздействия высоких доз радиации, способных вызвать острую лучевую болезнь. Во всех других случаях, в том числе и при повышенном вследствие аварии на АЭС радиационном фоне, принимать радиопротекторы населению, проживающему в прилегающих районах, не стоит. Наоборот, ввиду того, что разница между профилактическими и токсическими дозами радиопротекторов очень мала, их необоснованный прием может принести только вред.

При планировании профилактических мероприятий в периоды повышения радиационного фона особое внимание следует уделять здоровью детей и подростков, так как они имеют повышенную радиационную чувствительность.

Соблюдая указанные рекомендации и правила ведения сельхозработ на приусадебных и садовых участках, используя бытовые дозиметры и радиометры, можно оградить себя, свою семью, и особенно детей, от дополнительных лучевых нагрузок, что положительно скажется на здоровье.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Соотношение традиционных единиц с единицами международной системы (СИ)

Наименование величины	Внесистемные единицы	Единицы СИ	Соотношение внесистемных единиц с единицами СИ
Радиоактивность (активность нуклида в радиоактивном источнике)	Кюри (Ки)	Беккерель (Бк)	$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Радиоактивность вещества (удельная массовая активность)	Кюри на килограмм (Ки/кг)	Беккерель на килограмм (Бк/кг)	Соответственно
Радиоактивность жидкой и газообразной среды (удельная объемная активность)	Кюри на литр (Ки/л)	Беккерель на литр (Бк/л)	Соответственно
Радиоактивность площади (удельная загрязненность площади)	Кюри на квадратный километр (Ки/км ²)	Беккерель на квадратный километр (Бк/км ²)	Соответственно
Поверхностное радиоактивное загрязнение	Распад/мин·см ²	Частица/см ² ·мин	
Экспозиционная доза	Рентген (Р)	Кулон на килограмм (Кл/кг)	$1 \text{ Р} = 0,258 \text{ мКл/кг}$
Поглощенная доза (Керма)	Рад	Грей (Гр)	$1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}$
Эквивалентная доза	Бэр*	Зиверт (Зв)	$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$

* 1 бэр (биологический (точно 1,04 Р))

2. Методы и средства дезактивации поверхностей, пищевых продуктов и воды

Дезактивация — это методы и средства удаления радиоактивных веществ с тела человека или животного, с одежды или домашних вещей, бытовых предметов, оборудования, различных сооружений или местности (земли, растительности), воды, молока или других пищевых продуктов и сырья, транспортных средств или упаковочной тары, попадающих на них в результате технологических процессов, связанных с получением и применением природных и искусственных радиоактивных веществ, в результате небрежности, аварий или вследствие применения ядерного оружия.

Эффективность дезактивации зависит от плотности загрязнения объекта (или его части), характера материала (металл, дерево, стекло, ткань и т. д.), состояния поверхности (гладкая, шероховатая, пористая, липкая), величины частиц радиоактивной пыли, растворимости радионуклидов, времени, прошедшего с момента загрязнения, средств и способа дезактивации.

Следует учитывать, что чем раньше начата дезактивация, тем она будет эффективней, так как длительная задержка радиоактивных загрязнений практически на любом объекте приводит к большей фиксации их и затруднит, осложнит очистку.

Радиоактивные вещества нельзя уничтожить, ускорить их распад или нейтрализовать каким-либо химическим веществом. Их можно только удалить, применяя физические (механические), химические или физико-химические методы.

Физический метод заключается в механическом удалении радиоактивной пыли щеткой, веником, при помощи пылесоса или вытряхивания и выколачивания, обтирания паклей, ветошью, смывания водой, снятия и удаления верхнего загрязненного слоя (грунта, зерна, сена и др.), фильтрования.

При *химическом* радиоактивные изотопы либо растворяют, либо соединяют в комплексное соединение, после чего удаляют. Для этого применяют различные растворители (соляная и азотная кислоты, дихлорэтан, бензин, керосин) или комплексообразователи (лимонная и щавелевая кислоты, гексаметафосфат натрия и др.).

Чаще всего применяют физико-химический метод дезактивации—смывание радиоактивных веществ дезактивирующими растворами. При этом применяют растворители, комплексообразователи, поверхностно-активные вещества.

В некоторых случаях, особенно для дезактивации молока и воды, применяют ионообменные смолы (катионообменные и анионообменные). В особых случаях (военные действия, промышленное производство и пр.) применяют различные смеси, приготовленные из специальных дезактивирующих веществ.

Доступные для населения средства дезактивации, которые можно приобрести в хозяйственных и продовольственных магазинах, аптеках и магазинах мед-техники, химреактивов, медпрепаратов:

Поверхностно-активные вещества (ПАВ)

Жировое мыло (60 %), препарат «Новость», стиральные порошки, «Контакт Петрова»*
Применяют 0,3-1%-ные растворы. Можно использовать вместе с комплексообразователями, кислотами и другими веществами

Комплексообразующие вещества

Гексаметофосфат натрия, Трилон Б**, лимонная, винная, щавелевая, плавиковая кислоты
Применяют 0,4-2%-ные растворы. Можно использовать совместно с ПАВ кислотами и другими веществами

Неорганические кислоты

Азотная, соляная и серная кислоты
2-5%-ные растворы применяют для дезактивации кислотостойких материалов

Окислители

Марганцовокислый калий, перекись водорода
0,1-0,5%-ные растворы в щелочной либо кислой среде применяются для удаления радиоактивных веществ, прочно связанных с поверхностью

Сильные основания

Едкий натрий и калий
1-5%-ные растворы применяют для удаления радиоактивных веществ, растворимых в щелочах

Органические растворители

Дихлорэтан, спирт, ацетон, керосин, бензин
Применяют для удаления загрязненного слоя смазки или краски

* «Контакт Петрова» (керосиновый контакт) получается при обработке керосинового газойлевого дистиллята серным ангидридом. В нем содержится не менее 50 % сульфокислот, до 15 % вазелинового масла, 2-7 % свободной серной кислоты и вода.

** Трилон Б — двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, растворимая в воде. Особенно прочные комплексы с редкоземельными элементами.

Обрабатываемые поверхности различных объектов после дезактивации специальными моющими растворами, промывают проточной водой, протирают насухо и опять проверяют бытовыми дозиметрами или радиометрами. Если радиоактивное загрязнение не снято, то дезактивацию повторяют более сильными дезактивирующими составами, что будет рассмотрено ниже на конкретных примерах.

В качестве моющих растворов для дезактивации можно применять составы:

Состав № 1

«Контакт Петрова», мл	30
Вода, л	до 1

Состав № 2

«Контакт Петрова», мл	300
Щавелевая кислота, г	10
Поваренная соль, г	50
Вода, л	1

Состав № 3

«Новость» 10 г или ОП-7, г	3
Соляная кислота (100%-ная), г	40
или при плотности 1,18, мл	100
Гексаметафосфат натрия, г	4
Вода, л до	1

Если дезактивация не достигла цели, то ее повторяют более сильным составом:

Состав № 4

Марганцовокислый калий, г	40
Серная кислота, г	5
Вода, л	до 1

После дезактивации поверхности составом №4 (в течение 10—15 мин) проводят обработку составом №2.

Если загрязненный материал не кислотостойкий (корродирует или растворяется), то рекомендуется обрабатывать его щелочными растворами:

Состав №5

Едкий натрий, г	10
Трилон Б, г	10
Вода, л	до 1

Ценное оборудование, приборы следует дезактивировать раствором лимонной или щавелевой кислоты:

Состав №6

Лимонная (или щавелевая) кислота, г	10—20
Вода, л	до 1

Применяют также раствор тринатрийфосфата или гексаметафосфата натрия:

Состав № 7

Тринатрийфосфат или гексаметафосфат натрия, г	10—20
Вода, л	до 1

По окончании дезактивации поверхностное загрязнение различных объектов не должно превышать установленные Нормами радиационной безопасности [10] допустимые уровни поверхностного радиоактивного загрязнения, которые приведены в таблице.

Допустимое радиоактивное загрязнение различных поверхностей (в частицах/см² в 1 минуту)

Объект загрязнения	Альфа-излучающие радионуклиды (уран, плутоний, торий, нептуний, америций и др.)	Бета-излучающие радионуклиды (стронций-90, итрий-90, церий-144, рутений-106, цезий-137, бета, гамма и др.)
Кожные покровы тела человека, волосы и внутренняя поверхность головного убора	0,1	10
То же	0,1	2 (стронцием-90 и итрием-90)
Полотенца, нательное белье, внутренняя поверхность верхней одежды	0,1	10
То же	0,1	2 (стронцием-90 и итрием-90)
Верхняя одежда	0,5	20
То же	0,5	4 (стронцием-90 и итрием-90)
Наружные поверхности обуви	5	200
Внутренние поверхности обуви	0,5	20
То же	0,5	4 (стронцием-90 и итрием-90)
Внутренние поверхности жилых помещений и находящихся в них бытовых предметов	0,5	20
Наружные поверхности жилых и подсобных помещений, предметов во дворе	5	200
Внутренние поверхности транспортных средств и контейнеров	1	100
Мешковина, упаковочные материалы, внутренняя поверхность ящиков под пищевые продукты	Не допускается	Не допускается

При дезактивации поверхностей бытовых предметов, стен жилых и подсобных помещений, покрытых пористыми или легкосмачиваемыми материалами, не следует оставлять моющий раствор на обрабатываемой поверхности на длительное время во избежание впитывания радиоактивного загрязнения вместе с моющим раствором. При дезактивации глиняных и оштукатуренных стен поверхностный слой соскабливают.

Дезактивация во дворе. Стены, двери, окна, здания и сооружения обмывают сначала струей воды из шланга под давлением, затем смывают радиоактивную пыль с крыльца, дорожек и других предметов. Для удаления грязной воды делают отводные канавы и ямы, которые после окончания работ засыпают землей. После высыхания, производят дозиметрические измерения. Если будут выявлены пятна загрязнений выше допустимых норм, нужно провести дезактивацию моющими составами № 1, 2 и 3. Опять обмыть эти места водой со шланга под давлением и провести повторные измерения.

Из внутренних помещений и бытовых предметов удаляют пыль пылесосом, а затем производят влажную обработку с использованием щеток и тряпок как непосредственно, так и намотанных на длинные палки. Ковры и дорожки выносят на улицу и выбивают, стоя с наветренной стороны. Книги на незастекленных полках также обрабатывают пылесосом. Особое внимание необходимо уделить местам, через которые в квартиру поступает пыль. В кондиционерах нужно заменить фильтрующую прокладку.

Вещи из мягкой пористой ткани обрабатывают пылесосом, а затем стирают в стиральной машине. Если на них будет найдено радиоактивное загрязнение, которое самостоятельно удалить невозможно, то их можно сдать в прачечную спецкомбината города Киева.

Транспортные средства и машины дезактивируют на специальных площадках промыванием водой из шланга под давлением и протиранием раствором «Контакт Петрова», керосином, ацетоном, растворами ПАВ. В необходимых случаях приходится иногда прибегать к «пескоструйной» обработке или даже вырезать куски кузова автогеном (газосваркой).

Упаковочные ящики, плетеные корзины и другую тару промывают водой под давлением и протирают ветошью, смоченной в дезактивирующем составе. Если они не представляют большой ценности, а загрязнены выше допустимых норм, то их уничтожают (но не сжигают).

Различные приборы, аппараты, бытовые предметы очищают щетками и тампонами, смоченными в дезактивирующем составе № 6 или № 7. При наличии смазки поверхность предварительно обрабатывают тампонами со спиртом, бензином, керосином или другими растворителями. Затем промывают водой и насухо вытирают тряпкой или марлей.

Кожаные части упряжки, сапоги, изделия из резины и синтетических тканей протирают щетками или ветошью с использованием хозяйственного мыла. Затем вытирают насухо тряпкой и кожу смазывают дегтем.

С предметов, покрытых полиэтиленовой или другой пленкой, клеенкой, радиоактивные вещества смываются сравнительно легко мыльным раствором стирального порошка (1 столовую ложку порошка на 1 л теплой воды).

Водонасосные сооружения, поверхность шахтных колодцев, каптажа родников обмывают сильной струей воды, после чего около них снимают загрязненный грунт и закапывают его в землю. Желательно из шахты колодца выкачать воду и очистить дно. Для предохранения от радиоактивной пыли наземную часть колодца необходимо оборудовать крышкой и оббить полиэтиленовой пленкой.

Для очищения воды от радиоактивных веществ применяют несколько способов: простое отстаивание, коагулирование с последующим отстаиванием, фильтрование, перегонку. Первый, самый простой способ позволяет удалить

только нерастворимые радионуклиды и аэрозоли. Если же применить коагулянты (квасцы, глину, кальцинированную соду, сульфат железа, фосфаты), то можно удалить до 40 % стронция-90, цезия-134 и цезия-137. Фильтрованием через песок, почву, торф, гравий можно достичь очистки до 70-85 %.

В условиях сельской местности или на дачных участках очищенную воду из загрязненных открытых водоемов (озера, пруда) можно получить, устраивая специальные колодцы на расстоянии 5-10 м от берега водоема. Дно колодца должно быть ниже поверхности уровня воды в водоеме. Если грунт берега не пропускает воду, то между водоемом и колодцем устраивают фильтрационную траншею или трубу.

Более полное удаление радионуклидов из воды (в том числе и растворенных) достигается при перегонке или пропускании ее через ионообменные смолы. Последнее нашло широкое применение в настоящее время и для очистки загрязненного молока. Кроме того, оказалось эффективной переработка молока на масло и сыры. Основная часть радионуклидов переходит в обрат и сыворотку. Если же масло загрязнено аэрозольными радиоактивными веществами, то удаляют поверхностный загрязненный слой масла, который перетапливают, что тоже приводит к положительному эффекту.

Очистку зерна, находящегося в открытых буртах, в случае его поверхностного загрязнения производят осторожным снятием верхнего загрязненного слоя на глубину 10-15 см. Этот загрязненный слой зерна можно попробовать очистить промыванием проточной водой. То же самое необходимо проделать при загрязнении стогов сена, соломы и др.

Корнеплоды и клубнеплоды (картофель, свекла, морковь, турнепс) дезактивируют промыванием в проточной воде, что при двух-, трехкратном промывании позволяет удалить до 80 % радиоактивных веществ. Еще на 10-15 % происходит очистка при снятии кожуры и окончательное удаление радиоактивных веществ произойдет при их кипячении до полуготовности, после чего воду сливают, а овощи заливают новой порцией воды и доводят их до готовности. Следует учитывать, что самое высокое по сравнению с картофелем, морковью и др. корнеплодами наполнение стронция-90 происходит в столовой свекле (в 8 раз больше) и к сожалению в плодах огурцов, кулинарная обработка которых ограничена.

С кочанов капусты обычно удаляют верхние листья. Простое погружение в воду капусты и корнеклубнеплодов эффекта не дает. А вот некоторые ягоды и, в частности, клубника урожая 1986 г. погруженная на 20-30 мин в слабый раствор лимонной, щавелевой или муравьиной кислоты, теряла значительную часть радиоактивного загрязнения.

В части очистки от радионуклидов мяса и рыбы были даны некоторые рекомендации в третьей главе. Там же было описано как обрабатывать загрязненные участки владельцев индивидуальных хозяйств я дачников. Следует только добавить, что очистка, рекультивация, глубокая перепашка этих участков будет эффективной только тогда, когда все ваши соседи сделают то же. В противном случае, порывы ветра особенно ураганы и смерчи могут опять занести на ваши участки радиоактивные вещества и произойдет вторичное загрязнение.

Дезактивация людей и домашних животных. Работающему необходимо тщательно следить за чистотой кожных покровов, особенно на руках. Загрязнение

кожи может быть причиной занесения радиоактивных веществ внутрь организма. При очистке кожных покровов от радиоактивных загрязнений следует помнить, что она будет тем эффективнее, чем раньше к ней приступят, так как длительная задержка радиоактивных загрязнений на коже приводит к большей фиксации их и затрудняет очистку.

Для более успешной очистки рук надо коротко стричь ногти и следить за эластичностью кожи, так как сухая кожа, наличие трещин и мозолей ухудшает ее очистку. Царапины и порезы могут также способствовать проникновению радиоактивных веществ в организм. В большинстве случаев руки достаточно хорошо отмываются теплой водой с применением щетки и мыла.

При этом поверхность кожи надо очищать, начиная с пальцев, пространства между ними и далее ладони. Мыть руки нужно 3-5 мин.

При более высоких уровнях загрязнения, когда хозяйственное мыло не дает должного эффекта, следует применять различные специальные составы, в частности адсорбенты, комплексообразователи и растворители. Однако различные физико-химические свойства многочисленных радиоактивных элементов не дают возможности рекомендовать универсальные средства. Поэтому специальные составы имеют весьма ограниченное применение.

Так, при загрязнении рук торием и фосфатом рекомендуется применять мыло с добавкой трилона Б, гексаметафосфата и стирального порошка, радием — каолиновое мыло. В некоторых случаях нужно пользоваться 1-2%-ным раствором лимоннокислого натрия, углекислого натрия, марганцовокислого калия, соды и др. Все перечисленные средства могут не дать полного дезактивирующего эффекта, и обработку проводят повторно.

Дезактивация кожных покровов должна проводиться с учетом изотопа, его химического соединения, особенностей, степени и продолжительности загрязнения. В зависимости от этого применяют различные дезактивирующие средства.

Обычно дезактивация кожных покровов производится в несколько приемов: водой, затем раствором мыла, дезактивирующим раствором и теплой водой с мылом.

Хороший эффект дает применение паст на основе каолиновой глины с различными добавками (гексаметафосфата натрия, соды, пемзы и т. д.) наряду со смешанной дезактивацией: водой, дезактивирующим раствором, пастой, теплой водой с мылом. Стиральный порошок наносят на руки с небольшим количеством воды и растирают его до появления «белой перчатки», затем смывают водой.

Если радиоактивное загрязнение сопровождалось небольшим ранением кожи, то ранку необходимо несколько раз промыть теплой проточной водой, а затем искусственно вызвать кровотечение под струей воды.

Лицо моют водой с мылом. Волосы, загрязненные радиоактивными веществами, моют шампунем с добавлением 3 %-ной лимонной кислоты. Глаза промывают под струей теплой воды при широко раздвинутых веках. Во избежание загрязнения слезных каналов струю воды направляют от внутреннего угла к наружному. Полость носа промывают теплым физиологическим раствором. При попадании радиоактивных веществ в рот его необходимо несколько раз прополоскать теплой водой, зубы и десны вычистить щеткой с зубной пастой, после чего прополоскать 3 %-ной лимонной кислотой.

Дезактивация считается законченной, если уровень радиоактивности не превышает допустимого, что подтверждается показаниями радиометра. Если в результате проведенной однократной обработки частей тела не достигнута необходимая степень чистоты, проводят повторную дезактивацию. Неэффективные повторные обработки свидетельствуют о фиксации изотопа кожей, что является основанием для постановки человека на медицинский учет.

Наряду с дезактивацией сельскохозяйственных животных, немаловажное значение имеет и дезактивация **декоративных** (собак, кошек и др.) в семьях городских жителей. И чем раньше она будет начата, тем более эффективней окажется. В зависимости от способа удаления радиоактивных веществ различают сухую и влажную дезактивацию животных. Следует отметить, что здесь речь пойдет только о поверхностном загрязнении тела животных и о способах его очистки. Внутреннего радиоактивного загрязнения касаться не будем.

Сухую обработку осуществляют путем сбора радиоактивной пыли с кожных покровов животного при помощи пылесосов и других вакуумных машин. Для отсасывания радиоактивной пыли применяют специальные гребенки или щетки с перлоновым ворсом. В качестве сухой обработки овец, некоторых пород коз, собак применяют стрижку. Иногда радиоактивную пыль с туловища животного (лошади, коровы) можно удалять механически, сметая ее веником, жгутами, щетками. Но этот метод малоэффективен и не безопасен для человека. Удаляется при сухой обработке не более 25 % радиоактивных веществ.

Влажную обработку проводят обмыванием животных вначале теплым раствором моющих средств, а затем чистой водой. Удаляют 70-90 % радиоактивных веществ. В качестве моющих средств применяют водный раствор со стиральным порошком или обычным жировым мылом. Если нет никаких моющих средств, то можно использовать обычную воду под давлением (со шланга).

Эффективно сочетать сухую дезактивацию с влажной. Моющим составом туловище животного обрабатывают в течение 5—10 мин, после чего смывают образовавшуюся мыльную массу. Обработку начинают с головы животного, потом переходят на шею и спину, туловище и заканчивают ногами (лапами). Если дезактивация эффекта не дала, нужно обратиться в местную ветлабораторию Госагропрома.

При дезактивации животных необходимо пользоваться непромокаемыми фартуками, нарукавниками, резиновыми сапогами и перчатками.

Приготовление моющих растворов. *Состав № 1.* К 700 мл воды постепенно добавляют 30 мл «Контакта Петрова» и хорошо перемешивают.

Состав №2. 50 г поваренной соли растворяют в 700 мл воды, добавляют 10 г щавелевой кислоты, к полученному раствору добавляют 300 мл «Контакта Петрова» и хорошо перемешивают.

Состав № 3. 4 г гексаметафосфата растворяют в 400 мл воды при нагревании до 60-70 °С, полученный раствор охлаждают до комнатной температуры, отдельно растворяют 10 г «Новости» или другого стирального порошка в 500 мл соляной кислоты (плотность 1,18 г/см³), что эквивалентно 40 г 100 %-ной кислоты, и полученный раствор хорошо перемешивают.

Состав №4. 40 г марганцовокислого калия растворяют в 1 л воды при нагревании до 60 °С, охлаждают и добавляют 5 г серной кислоты (плотность 1,84 г/см³). Полученный раствор хорошо перемешивают.

Состав №5. 10 г едкого натрия растворяют в 1 л воды, затем добавляют 10 г трилона Б и перемешивают до полного растворения трилона Б.

Состав №6. 10-20 г лимонной (муравьиной или щавелевой) кислоты растворяют в 1 л воды.

3. Термины, наиболее часто используемые в радиологии

Аварийное облучение — непредвиденное облучение персонала или населения вследствие радиационной аварии.

Атомное (ядерное) топливо — природные или искусственные элементы, ядра атомов которых в результате бомбардировки нейтронами способны делиться, высвобождая при этом несколько большее количество нейтронов (2-3), чем было затрачено на их деление. В результате в этих веществах возбуждается разветвляющаяся, лавинообразно нарастающая цепная ядерная реакция деления. К этим веществам принадлежит уран-235, плутоний-239, уран-233.

Биологическая защита — система экранов или защитных оболочек, ослабляющих интенсивность радиоактивных излучений до безопасного уровня и обеспечивающая жизнедеятельность человека и других биологических объектов в условиях биологически опасных воздействий, в частности в условиях ионизирующего излучения и возможного загрязнения радиоактивными веществами. Эти экраны устанавливают между источниками излучений и зоной, где могут находиться люди.

Биологическое действие излучения — совокупность процессов, происходящих в живом организме под воздействием излучения.

Гиперемия кожи — местное увеличение кровенаполнения ткани или органа, вызванное воздействием ионизирующих излучений.

Гипоксия — снижение концентрации кислорода в окружающей среде или организме. Может использоваться как фактор защиты от радиации.

Глобальная доза — коллективная доза, применяемая в случае, когда происходит облучение населения всего земного шара от данного источника (например, проведение испытаний ядерного оружия в атмосфере или предприятий ядерно-энергетического цикла).

Глобальное (радиоактивное) выпадение — распространившееся на весь земной шар выпадение радиоактивных веществ из верхних слоев атмосферы, обусловленное ядерным взрывом или аварией на АЭС.

Дезактивация — методы и средства удаления радиоактивных веществ с одежды, оборудования, различных сооружений и местности, попадающих на них при технологических процессах связанных с получением и применением естественных и искусственных радиоактивных веществ, в результате небрежности, аварий или вследствие применения атомного оружия.

Депонирование радионуклидов — накопление радиоактивных веществ в организме или отдельном органе человека, животного или в растениях, которые производят постоянное внутреннее облучение.

Дезоксицитидин (в моче животного) — показатель глубокого поражения радиацией ядра клетки.

Дозиметрия — раздел физики, в котором рассматриваются свойства ионизирующих излучений, физические величины, характеризующие взаимодействие ионизирующих излучений со средой, а также методы и средства для измерения этих величин.

Естественная радиоактивность — способность некоторых элементов, встречающихся в природе в естественных условиях, к самопроизвольному распаду ядер атомов.

Естественный (природный) радиоактивный фон — мощность дозы радиоактивных излучений для данной местности, создаваемая космическими излучениями и излучателями естественно распределенных радиоактивных веществ, находящихся на поверхности земли, в приземной атмосфере, сооружениях, воде, продуктах питания, в организме человека и животных. На земной поверхности мощность дозы, создаваемая естественным фоном, измеряется в пределах от 0,003 до 0,026 мР/ч, а в отдельных местах и больше.

Зона наблюдения — территория, где возможно влияние радиоактивных отбросов и выбросов учреждения и где облучение проживающего населения может достигнуть установленного предела дозы. На территории зоны наблюдения проводят радиационный контроль.

Инкорпорация радиоактивных веществ — проникновение радиоактивных веществ в животный или растительный организм и фиксация их в его органах и тканях; такие вещества создают непрерывное радиоактивное облучение органов и тканей. От расщепления радиоактивных веществ в организме, скорости их выведения и распада зависит поражение тех или иных органов и тканей и всего организма.

Кислородный эффект — усиление лучевого поражения биологических объектов с увеличением концентрации кислорода по сравнению с действием ионизирующих излучений в бескислородных условиях.

Коллиматор — устройство для ограничения пучка излучения, выпускаемого источником (при лучевой терапии) или воспринимаемого детектором (при радиоизотопной диагностике).

Лейкопения — снижение лейкоцитов в составе крови и лимфоцитов (последние могут быть полностью разрушены) под воздействием радиации.

Летальность животных — смертность (падеж) животных от лучевой болезни под действием больших уровней радиации.

Лучевая болезнь — патологическое состояние организма, вызванное внешним воздействием на организм ионизирующих альфа-, бета-, гамма-излучений или потока нейтронов, а также при попадании радиоактивных веществ внутрь организма (внутреннее — инкорпорированное облучение). В первую очередь при этом страдают кроветворные органы, слизистые оболочки и железы внутренней секреции.

Лучевая эритема — реакция кожи на облучение, сопровождающаяся ее поглощением.

Лучевая язва — изъязвление тканей, развившееся в результате их лучевого поражения.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) — автономная межправительственная организация, связанная с Организацией Объединенных Наций (ООН) и несущая ответственность за международные действия, относящиеся к применению атомной энергии в мирных целях.

Членами агентства являются более 100 государств — членов ООН, в том числе СССР и другие социалистические страны. Центральные учреждения МАГАТЭ находятся в Вене (Австрия).

Мутации (радиационные) — наследуемые нарушения, индуцируемые ионизирующими излучениями, вследствие повреждения клеточного генетического аппарата.

Облучение — воздействие ионизирующего излучения на живой организм (человека, животного, растения) или материалы.

Остаточная активность — активность на материале после дезактивации.

Период биологического полувыведения — время, за которое активность изотопа, накопленного в организме, уменьшается вдвое в результате процессов биологического выведения.

Радиационная авария — радиационный инцидент, вызванный неисправностью оборудования или нарушением нормального хода технологического процесса, приведший к облучению людей или загрязнению объектов.

Радиоактивные отходы — изделия, материалы, вещества и биологические объекты, загрязненные радиоактивными веществами, в количестве, превышающем величины, установленные действующими нормами и правилами и не подлежащие дальнейшей эксплуатации в данном производстве и в экспериментальных условиях.

Радиобиология — раздел биологической науки, изучающий изменения в животных и растительных организмах, происходящие в результате воздействия на них ионизирующей радиации. Радиобиология изучает тончайшие первичные механизмы действия ионизирующей радиации на живые клетки, поражения и необратимые изменения в клетках и осложнения, возникающие в организмах в результате воздействия ионизирующих излучений, а также влияние их на наследственные изменения, проявляющиеся у потомства облученных организмов.

Радиодерматит, радиодермит — воспаление кожи, вызываемое рентгеновскими и радиоактивными лучами.

Радиопротектор — вещество, способное защитить организм от действия ионизирующей радиации или смягчить ее эффект.

Радиоэкология — раздел экологии, изучающий накопление радиоактивных веществ организмами и их миграцию в биосфере.

Хромосомные абберации — структурные нарушения хромосом, возникающие под влиянием ионизирующих излучений и ведущие к различным нарушениям клеточной активности, вплоть до гибели.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Общие сведения о радиоактивных излучениях, их поражающем действии

Основные свойства, виды и источники радиоактивных излучений

Характеристика радиоактивных излучений и единицы их измерения

Принципы нормирования облучения людей и загрязнения объектов

Приборы и методы радиационного контроля

Назначение и классификация приборов радиационного контроля

Дозиметрические и радиометрические приборы

Экспрессные методы определения радиоактивности пищевых продуктов, воды и других объектов окружающей среды

Основные рекомендации владельцам индивидуальных хозяйств и садоводам-любителям

Особенности радиационной обстановки после аварии на Чернобыльской АЭС

Основные рекомендации по ведению индивидуальных хозяйств и работ на дачных участках

Рекомендации по гигиене питания и профилактическим мероприятиям

Приложения

Справочное издание

АВСЕЕНКО ВАСИЛИЙ ФЕДОРОВИЧ

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИЗМЕРЕНИЯ

Зав. редакцией *А. А. Иваницкий*

Редактор *Т. П. Урзикова*

Художник обложки *В. В. Котов*

Художественный редактор *Л. И. Бутко*

Технический редактор *Л. В. Цейтельман*

Корректоры *Е. Г. Засенко, О. А. Омельченко*

Сдано в набор 22.05.90. Подписано в печать 08.08.90. Формат 70x90/32

Бумага типографская №1. Гарнитура литературная. Печать высокая.

Усл. печ. л. 5,27. Усл. кр.-отт. 5,64. Уч.-изд. л. 5,30. Тираж 56500 экз. Заказ № 0-1268.

Цена 35 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Урожай», 252035, г. Киев-35, ул. Урицкого, 45

Киевская фабрика печатной рекламы им. XXVI съезда КПСС,

252067, Киев, ул. Выборгская, 84.

35 к.



**ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ
И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПРИБОРЫ
И ИЗМЕРЕНИЯ**

