

Радиационный контроль

Нурлыбаев Кубейсин

кандидат технических наук

НПП «Доза»

Москва, Зеленоград

тел. +7-495-7778485

эл.почта: kubesh@doza.ru

Основные дозовые пределы

Нормируемые
величины

Дозовые пределы

	лица из персонала	лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике, коже, кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв

Объект загрязнения	Альфа-		Бета-
	отдельные	прочие	
Неповреж.кожа, спецбелье, полотенца, внутр.поверхность лицевых частей СИЗ	2	2	200
Основная спецодежда, внутр. поверхность доп.СИЗ, наруж.поверхность спецобуви	5	20	2000
Поверхности помещений пост. пребывания персонала и оборудования	5	20	2000
Поверхности помещений период. пребывания персонала, оборудования	50	200	10000
Наружная поверхность доп.СИЗ, снимаемой в саншлюзах	50	200	10000

Для практических работ по РК в организациях, проводящих работы с техногенными ИИИ, устанавливаются контрольные уровни(КУ) для всех показателей, для которых определены допустимые уровни в НРБ-99.

При установлении КУ исходят из принципа оптимизации с учетом необходимости сохранения уже достигнутого уровня радиационного воздействия на данном объекте ниже допустимого;

Результаты РК сопоставляются со значениями КУ. Все случаи превышения КУ регистрируются системой РК и рассматриваются администрацией организации с целью оптимизации радиационной обстановки.

Классификация РК

При РК контролируются все виды ионизирующих излучений: альфа-, бета-, фотонное и нейтронное излучения.

РК разделяются по временному характеру контроля:

- **непрерывный оперативный контроль;**
- **периодический (текущий) контроль**
- **эпизодический (инспекционный) контроль**



Непрерывный оперативный контроль применяется на радиационно-опасных объектах (напр. АЭС, ускоритель и др.) для контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях, выбросов РВ в атмосферу и в открытые водоемы;

Периодический (текущий) контроль применяется для текущего контроля радиационной обстановки в соответствии с установленным регламентом РК на объекте.

Эпизодический (инспекционный) контроль применяется, как видно из названия, для инспекционных задач, например для установления регламента РК.

При РК применяются технические средства для контроля следующих параметров:

- **дозиметры-амбиентный (направленный) эквивалент дозы (мощности дозы);**
- **радиометры-плотности потока ионизирующих частиц ;**
- **радиометры аэрозолей, газов-объемных активностей радиоактивных аэрозолей и газов в воздухе;**
- **радиометры (спектрометры)- контроль удельной (объемной) активности радионуклидов в жидкостях, в твердых телах;**
- **радиометры (спектрометры) излучения человека- контроль активности радионуклидов, содержащихся в организме, органе;**

Дозиметры используются для контроля следующих видов ионизирующего излучения:

- **бета-излучение**
- **нейтронное излучение**
- **фотонное излучение.**

Дозиметры подразделяются по диапазонам измерения:

- **для хронического облучения (радиационная защита)**
- **аварийного диапазона (например, терапия).**

Дозиметры для хронического облучения измеряют мощность амбиентного (направленного) эквивалента дозы (погрешность 15-30%).

Дозиметры аварийного диапазона измеряют мощность поглощенной дозы в ткани (погрешность 5-7%).

Дозиметры для измерения эквивалентной дозы внешнего облучения кожи $H_p(0,07)$ измеряют направленную эквивалентную дозу от мягкого гамма-излучения и бета-излучения. В качестве детекторов для этого типа дозиметров используются ионизационные камеры с тонким бериллиевым окном или сцинтилляторы с бериллиевым окном. Эти приборы имеют сильную анизотропию, т.е. зависимость чувс-сти от направления излучения. Диапазон энергии измеряемых этими приборами должны быть от 5(10) кэВ до 150 кэВ.



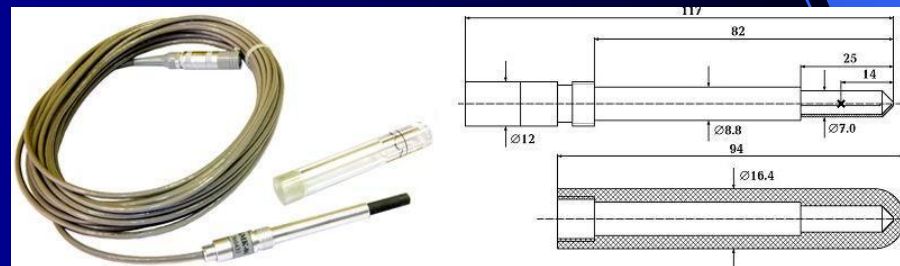
Дозиметры нейтронов измеряют амбиентный эквивалент дозы или ее мощность. В качестве детекторов нейтронных дозиметров используются сцинтилляционные детекторы или He-3 счетчики, окруженные полиэтиленовыми замедлителями и с кадмиевым экраном.

Размер замедлителя нейтронных дозиметров регламентирован, чтобы зависимость чувствительности детектора от энергии нейтронов соответствовал "кривой Снайдера", т.е. зависимости эквивалента дозы от энергии нейтронов. Диапазон энергии измеряемых этими приборами нейтронного излучения лежат в диапазоне от 0,025 эВ до 10(14) МэВ.



В дозиметрах фотонного излучения в качестве детекторов используются ионизационные камеры, газоразрядные счетчики (Гейгера-Мюллера), пропорциональные счетчики и сцинтилляторы.

Дозиметры с ионизационными камерами наиболее широко используются для планирования облучения в лучевой терапии и в метрологии фотонного излучения в качестве эталонов, т.к. являются высокоточными. Дозиметры состоят из электрометра и набора ионизационных камер разных объемов. Энергетический диапазон обычных камер от 50 кэВ до 3.0 МэВ. Для измерения доз от мягкого рентгеновского излучения применяются камеры с тонкими лавсановыми окнами.



Дозиметры со счетчиками Гейгера-Мюллера наиболее широко распространены. Энергетический диапазон от 50 кэВ до 3.0 МэВ. В дозиметрах регистрируется число электрических импульсов вызванных вторичными электронами в газе. Имеют невысокую чувствительность, т.к. рабочим телом детекторов является газ, поэтому устанавливается большое время измерения (несколько десятков секунд) для уменьшения статистической погрешности результатов измерения. Для увеличения чувствительности применяют несколько счетчиков, а для расширения диапазона измерения несколько разных типов счетчиков (чувствительных и грубых).



Сцинтилляционные дозиметры фотонного излучения удобны для инспекционного контроля. Детекторы: органические и неорганические (CsI, NaI) кристаллы.

Состав органических кристаллов близок к биологической ткани и они применимы для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы.

Если используются неорганические сцинтилляторы применяются методы сглаживания зависимости чувствительности от энергии излучения, т.к. эта зависимость имеет пик около 100 кэВ (Co-57). Обычный диапазон энергии 50 кэВ - 3 МэВ, некоторые 15 кэВ - 3 МэВ.



№	Параметр	Требование
1	погрешность измерения (при доверительной вероятности 95%).	не более 20%
2	погрешность за счет энергетической зависимости чувствительности в указанном диапазоне энергии	не более $\pm 25\%$.
3	погрешность за счет зависимости чувствительности от угла падения излучения на детектор	не более $\pm 25\%$
4	радиационная толщина (показания дозиметра в поле бета-излучения не должны превышать значения мощности дозы, создаваемой этим излучением за фильтром определенной толщины тканеэкв. вещества)	не менее 1 г/см^2

Радиометры применяются для контроля плотности потока ионизирующих частиц.

Гамма-радиометры являются поисковыми приборами и применяются для обнаружения радиоактивных загрязнений и источников.

Имеют сцинтилляционные детекторы и высокую чувствительность. Применение их для измерения мощности дозы недопустимо, т.к. они имеют существенную зависимость чувствительности от энергии, например, гамма-радиометры СРП-68, -88 и при одной и той же мощности дозы завышают свои показания при малых энергиях гамма-излучения до 4-х раз относительно показаний при энергии 662 кэВ(Cs-137).



Переносные бета-радиометры применяются для контроля загрязнения поверхностей бета-излучающими нуклидами.

Детекторы – обычно газоразрядные счетчики с тонким окном, реже тонкие сцинтилляторы.

Единица измерения - $\text{част}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ (плотность потока бета-частиц)

Не могут измерять так называемую поверхностную активность ($\text{Бк}/\text{см}^2$), если не известен нуклидный состав загрязнения.

При сложном рельефе поверхности снимаются "мазки", которые измеряются на радиометрах. Для измерения "неснимаемых" загрязненностей используется трековый метод с применением фотопленки.



Переносные альфа-радиометры применяются для контроля загрязнения поверхностей альфа-излучающими нуклидами.

Детекторы –тонкие органические сцинтилляторы, покрытые слоем порош

Единица измерения - частота альфа-частиц).



Стационарные альфа-бета-радиометры загрязненностей применяются для контроля загрязнения поверхностей рук, ног, спецодежды альфа-бета-излучающими нуклидами.

Детекторы для бета-радиометров – обычно газоразрядные счетчики с тонким окном, реже пропорциональные газонаполненные (газопроточные) счетчики.

Детекторы для альфа-радиометров – сцинтилляционные детекторы, пропорциональные газонаполненные (газопроточные) счетчики

Единица измерения - $\text{част}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ (плотность потока бета-частиц)



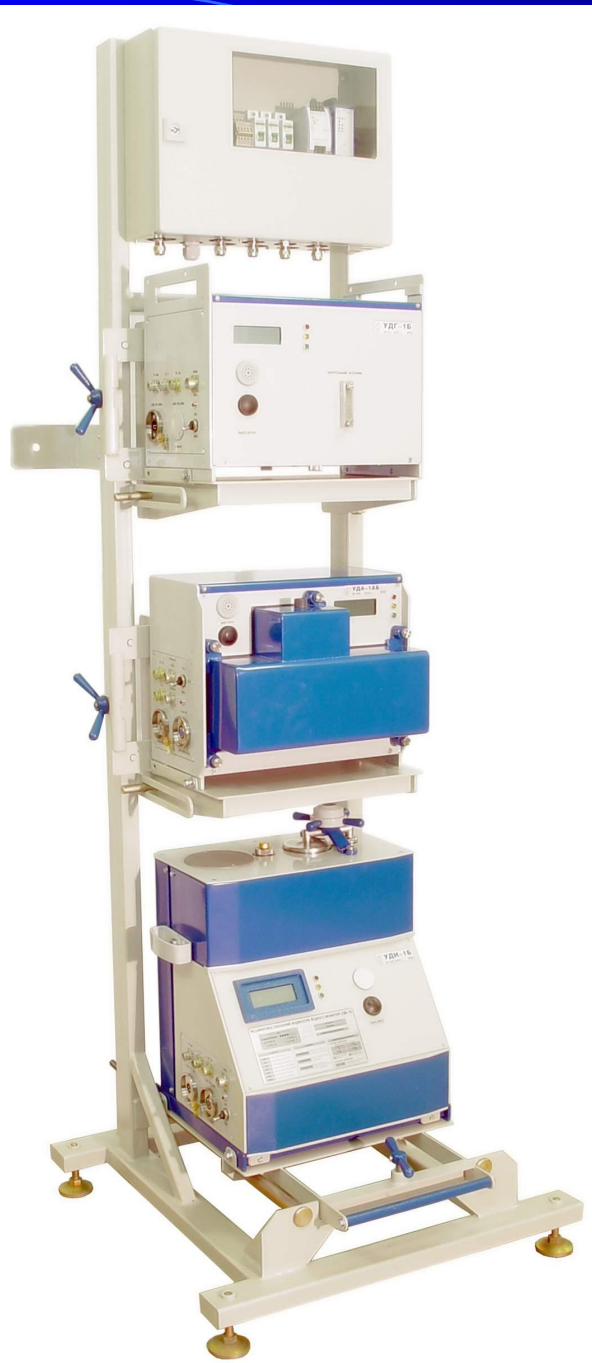


К отдельному классу стационарных гамма-нейтронных радиометров можно отнести порталные мониторы для обнаружения радиоактивных загрязнений и источников на транспорте и грузах. В качестве детекторов в них используются органические и неорганические сцинтилляторы больших размеров, также He^3 и BF_3 счетчики для нейтронов.

Они измеряют число импульсов от детектора и сравнивают его с фоновыми значениями. Основными параметрами являются высокая чувствительность и отсутствие ложных срабатываний (т.е. способность подстраивать к медленно изменяющемуся естественному фону).

Радиометры аэрозолей и газов применяются для контроля радиоактивных аэрозолей, газов в воздухе рабочей зоны и особенно в воздухе, выбрасываемом предприятиями в атмосферу через вентсистему.

Для предприятий ядерно-топливного цикла, где ведутся добыча и переработка ядерного топлива, для атомных станции, ядерных реакторов обязателен непрерывный оперативный контроль радиоактивных выбросов в атмосферу.



К радиометрам аэрозолей относятся и радиометры радона.

Нормируются содержание радона в жилых и общественных зданиях, эксхалация радона из почвы.

Нормируется эквивалентная равновесная объемная активность радона (ЭРОА радона):

- $A_{Rn,эКВ} = 0,104 A_{RaA} + 0,514 A_{RaB} + 0,382 A_{RaC} = K_{Rn} A_{Rn}$

Коэффициент равновесия K_{Rn} может значительно изменяться в зависимости от условий измерений поэтому достоверность измерения выше при измерении активностей дочерних продуктов радона.

**Для измерения нормируемых среднегодовых значений
необходимы приборы, которые могут
экспонироваться значительное время.**





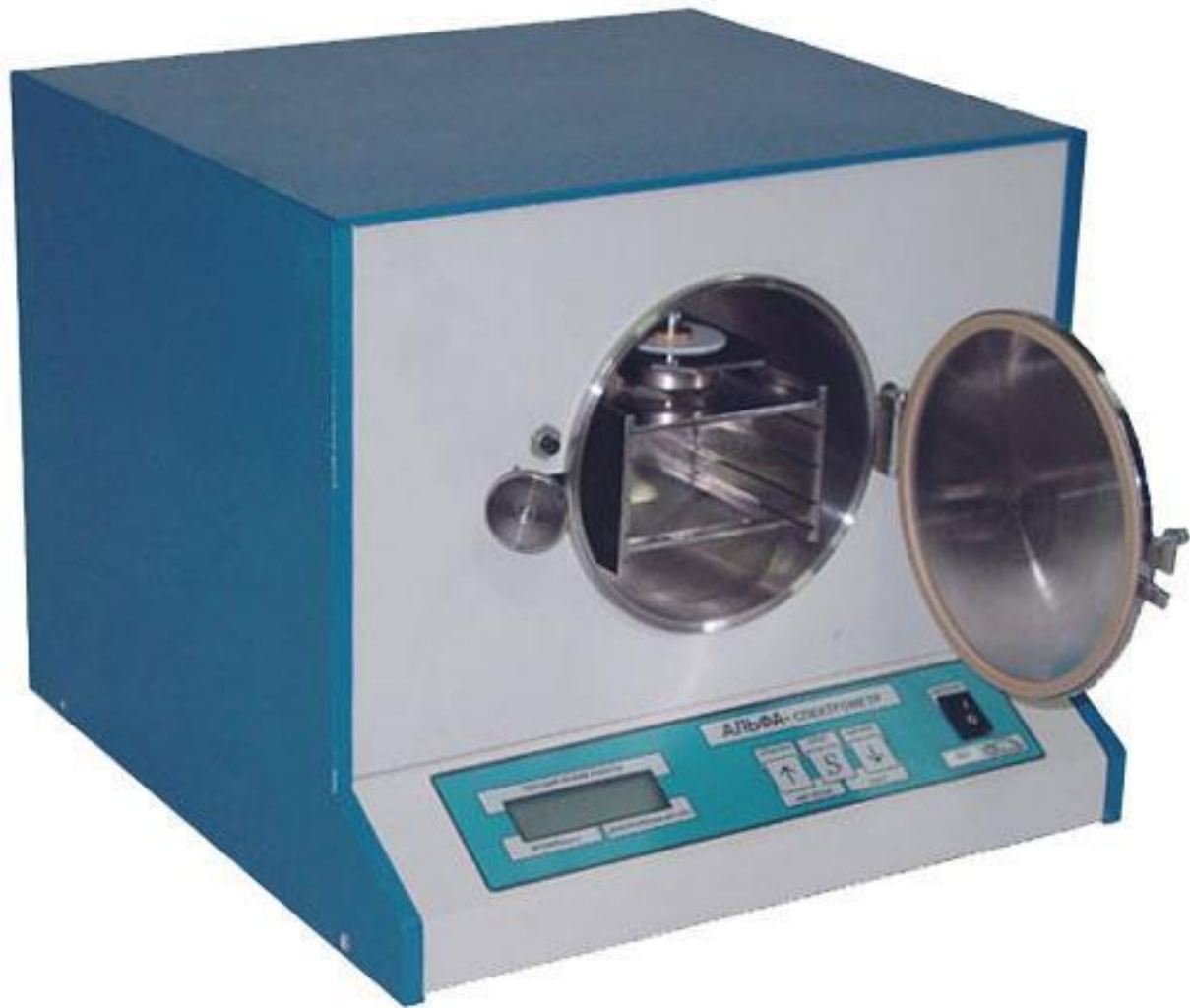
Радиометры (спектрометры) активностей применяются для контроля удельной (объемной) активности радионуклидов в жидкостях, в твердых телах.

Радиометры (спектрометры) активностей подразделяются на альфа-, бета- и гамма-спектрометры.

Альфа-спектрометры ранее производились на базе ионизационных камер. В настоящее время в альфа спектрометрии наиболее широко используются кремниевые детекторы. В связи с малым пробегом альфа-частиц в воздухе измерения производятся в вакууме.

Для альфа-спектрометрии используются «тонкие» пробы полученные электролитическим осаждением пробы на подложку. Поэтому для альфа-спектрометрии важны методики пробоподготовки и существуют отдельные методики для определения:

- изотопов урана-234, 238(235) в водах**
- изотопов урана-234, 238(235) в почвах, грунтах**
- изотопов тория-228, 230, 232 в водах**
- изотопов тория-228, 230, 232 в почвах, грунтах**
- изотопов плутония-238, 239+240, 242 в водах**
- изотопов плутония-238, 239+240, 242 в почвах**
- изотопов америция-241 в почвах, грунтах, донных отложениях и др.**



Бета-спектрометры применяются для определения активностей Sr-90, К-40, Вi-214 и др. нуклидов.

Детектор – тонкий органический сцинтиллятор.

Требуется радиохимическая подготовка проб, например, для бета-спектрометров «Прогресс» существуют отдельные методики приготовления счетных образцов проб следующих типов продовольствия:

- мяса и мясопродуктов, рыбы и рыбопродуктов, молока и молочных продуктов, яйца и продуктов его переработки, зерна и продуктов его переработки, сахара и кондитерских изделий, плодоовощной продукции, грибов и орехов, масличного сырья и жировых продуктов, чая, кофе, специй.**



Разрабатываются новые типы бета-спектрометров позволяющие во многих случаях отказаться от пробоподготовки или минимизировать ее.

В бета-спектрометре СУБ-01Ф применен фосвич-детектор, что позволяет измерять без концентрирования пробы активности для проб, не содержащих р/н Ra, Th (биопробы, фильтры), от 2,0 Бк/кг.



Последовательность работы:

Подготовка к работе :

1. На задней панели прибора включить тумблер "Сеть".
2. На передней панели прибора включить синюю кнопку "Старт",
3. Должен загореться красный индикатор готовности,
4. Дождется запуска операционной системы.
5. Запустить эмулятор анализатора "Спектр-Анализатор".
6. Время прогрева прибора - не менее 30 минут!
7. Вставить чистую подложку и измерить ФОН.
8. Далее смотри методику измерений!

9. ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

Выключение :

1. Выйти из программы.
2. Дождется выхода из операционной системы.
3. На задней панели прибора выключить тумблер "Сеть".



БЕТА-СПЕКТРОМЕТР

РАБОТА

ТАРТ

Для опре
малым
жидко



тей с
отся
гры.

Полупроводниковый гамма-спектрометр имеет хорошее энергетическое разрешение и обеспечивает измерение активностей проб с неизвестным радионуклидным составом.

В полупроводниковых гамма-спектрометрах применяются детекторы из особо чистого германия (HPG).

ППД детекторы работают при температуре жидкого азота.



Сцинтилляционные гамма-спектрометры обеспечивают измерение активностей проб с известным радионуклидным составом (3-4 радионуклида) и используются для рутинных задач радиационного контроля.

Стандартной задачей сцинтилляционных гамма-спектрометров является измерение Cs-137, Cs-134, K-40, Th-232, Ra-226 в пробах.



Радиометры активностей отличаются от спектрометров тем, что активность пробы измеряется после выделения (обычно с помощью радиохимии) конкретного нуклида.

Радиометры гамма-излучения после внедрения компьютерных программ обработки спектра практически вышли из практики.

В РК применяются альфа-, бета- радиометры.

Детекторы - газоразрядные счетчики, газопоточные пропорциональные счетчики и полупроводниковые кремниевые детекторы.

В установках с низким фоном (Low Level Counter) возможно измерение малых активностей (до 0,1 Бк бета-активности и до 0,02 Бк альфа-активности).

