# Радиационный контроль при нормальной эксплуатации источников ионизирующих излучений

**Касьяненко Анатолий Алексеевич**
**д.т.н., профессор**

# 1. Законодательная и нормативная база Федеральный закон от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения"

- **Статья 14. Требования к обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками ионизирующего излучения**
- При обращении с источниками ионизирующего излучения организации обязаны:
- соблюдать требования настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ, норм, правил и нормативов в области обеспечения радиационной безопасности;
- планировать и осуществлять мероприятия по обеспечению радиационной безопасности;
- проводить работы по обоснованию радиационной безопасности технологических процессов и производств, являющихся источниками ионизирующего излучения, опасных для здоровья человека;
- осуществлять систематический производственный контроль за радиационной обстановкой
- проводить контроль и учет индивидуальных доз облучения работников;
- проводить подготовку и аттестацию руководителей и исполнителей работ, специалистов служб производственного контроля, других лиц, постоянно или временно выполняющих работы с источниками ионизирующего излучения, по вопросам обеспечения радиационной безопасности;
- организовывать проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров работников (персонала);
- обеспечивать реализацию прав граждан в области обеспечения радиационной безопасности.

## Статья 18. Контроль и учет индивидуальных доз облучения

Контроль и учет индивидуальных доз облучения, полученных гражданами при использовании источников ионизирующего излучения, проведении медицинских рентгенорадиологических процедур, а также обусловленных естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, осуществляются в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения (ЕСКИД), создаваемой в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

## Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)

- **2.5. Требования к администрации и персоналу радиационного объекта**
- 2.5.1. Администрация радиационного объекта несет ответственность за радиационную безопасность и должна обеспечивать:
- - систематический контроль радиационной обстановки на рабочих местах, в помещениях, на территории организации, в санитарно-защитной зоне и в зоне наблюдения.
- - контроль и учет индивидуальных доз облучения персонала;

## САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА СП 1.1.1058-01 ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ САНИТАРНЫХ ПРАВИЛ И ВЫПОЛНЕНИЕМ САНИТАРНО - ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ (ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ) МЕРОПРИЯТИЙ

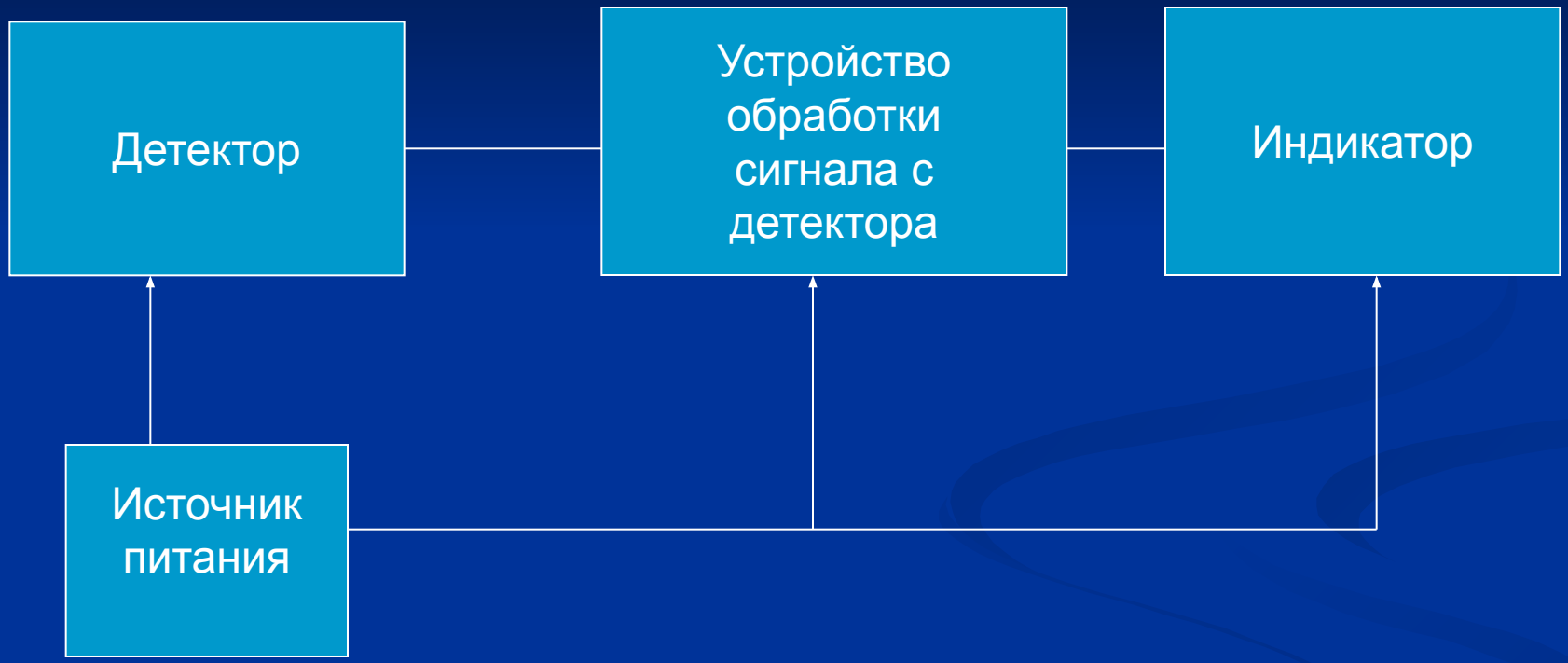
- II. Порядок организации и проведения производственного контроля
- 2.4. Производственный контроль включает:
- б) осуществление (организацию) лабораторных исследований и испытаний: - на границе санитарно - защитной зоны и в зоне влияния предприятия, на территории (производственной площадке), на рабочих местах

## 2. Требования к средствам радиационного контроля и их основные характеристики

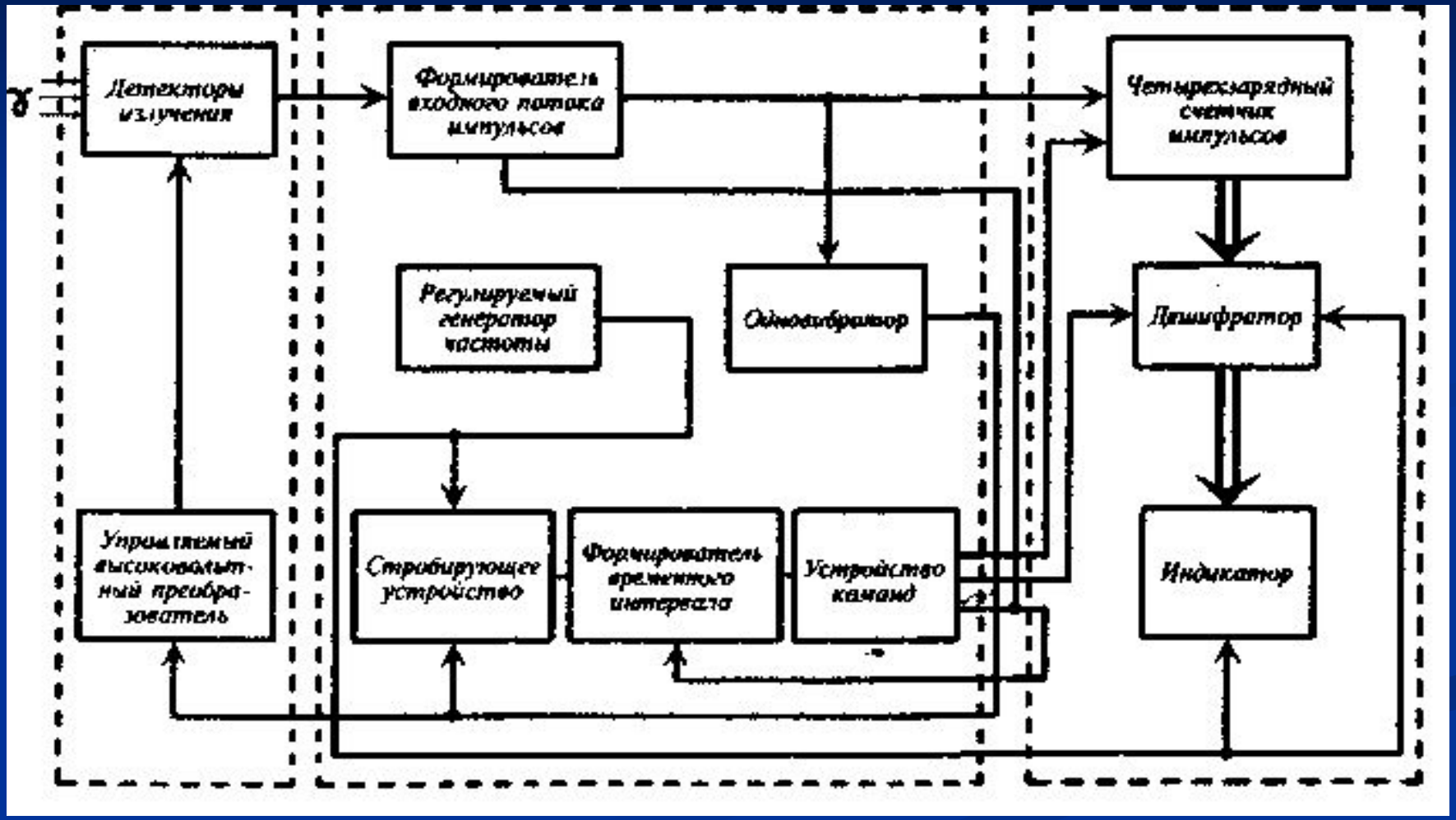
- При выборе методов и средств радиационного контроля необходимо иметь ответ на такие вопросы как: что измерять, где измерять, как часто измерять и чем измерять?
- Методы радиационного контроля можно разделить на следующие группы:
- – дозиметрические;
- – радиометрические;
- – спектрометрические;
- – радиохимические.
- Нас интересуют только дозиметрические методы контроля, поскольку в наши задачи входит оценка радиационной обстановки на рабочем месте и в помещении и индивидуальные дозы облучения.

- Для ответа на эти и другие аналогичные вопросы необходимо звать основные характеристики методов и приборов контроля, важные с точки зрения их применения для измерения радиационного фона и индивидуальных доз. Такими характеристиками являются: чувствительность детектора по энергии, эффективность регистрации детектора, диапазон измерений, точность, линейность, воспроизводимость, дрейф нуля, постоянная времени, влияние внешних условий и другие характеристики

# 3. Типовая схема показывающего дозиметра



# Функциональная схема дозиметра ДРГ-01Т1



# Дозиметр ДРГ-01Т1

## Характеристики дозиметра ДРГ-01Т1

Детектор газоразрядные счетчики

Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы:

- в режиме «Поиск» 100,0 мкР/ч ÷ 99,99 Р/ч
- в режиме «Измерение» 10,0 мкР/ч ÷ 9,999 Р/ч

Диапазон энергий гамма-излучения **0,05 ÷ 3,0 МэВ** (от 8 до 480 фДж)

Время измерения, не более

- в режиме «Поиск» 2,5 сек
- в режиме «Измерение» 25 сек

- В качестве детекторов излучения использованы четыре газоразрядных счётчика СБМ-20 и два счётчика СИ 34Г (или СИ 40Г)

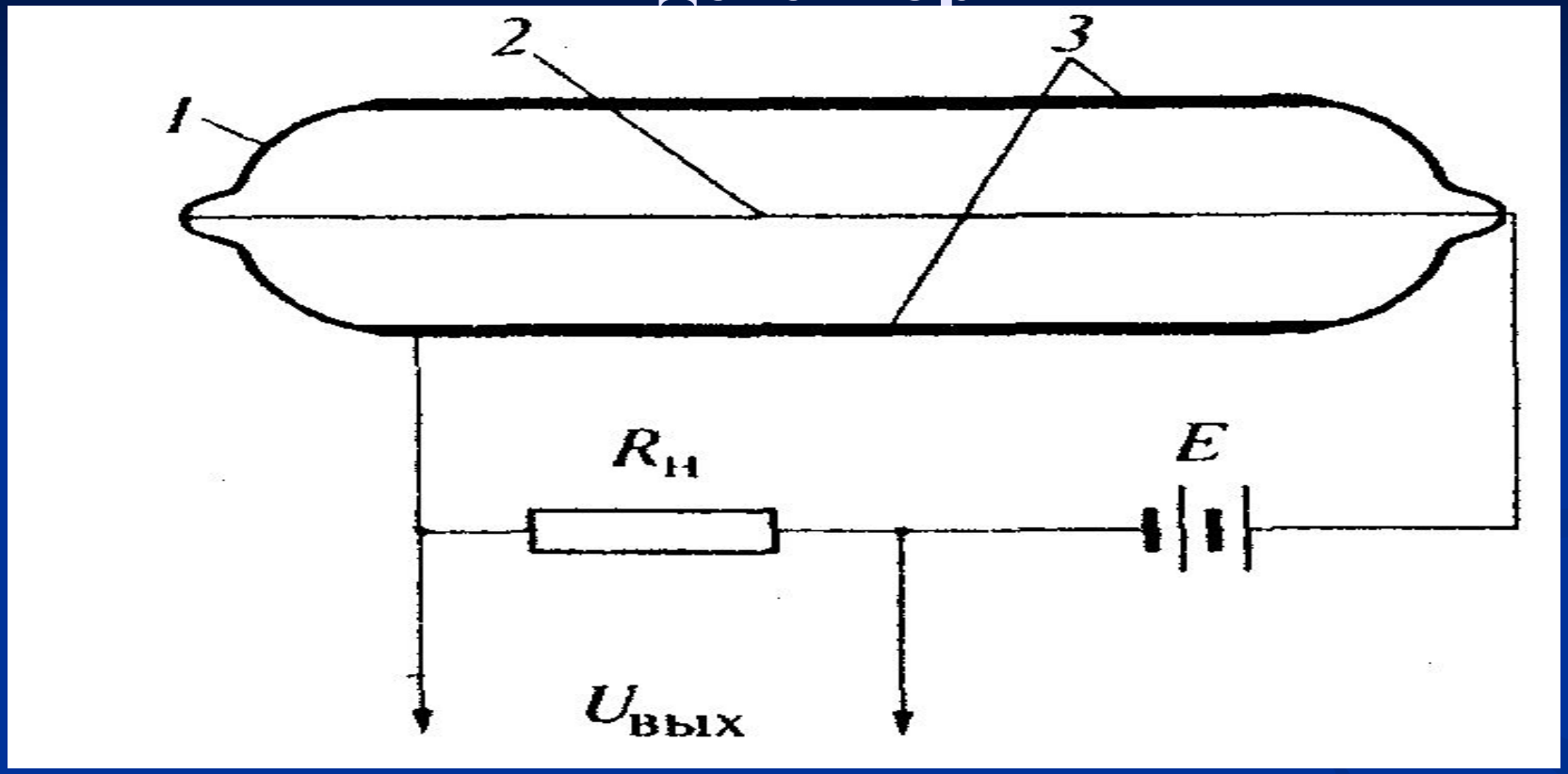
Предельно-допустимое облучение дозиметра соответствует мощности экспозиционной дозы 1000 Р/ч, при этом в любом режиме работы на шкале цифрового индикатора высвечивается символ переполнения «П».

Конструктивное исполнение металлический корпус

# 4. Детекторы ионизирующих излучений. Выбор детектора

- Тип детектора:
  - Ионизационный;
  - Сцинтилляционный;
  - Полупроводниковый.

# Цилиндрический иоинизационный детектор




1 – изолятор,
*2* – анод – вольфрамовая нить, *3* – катод – корпус детектора

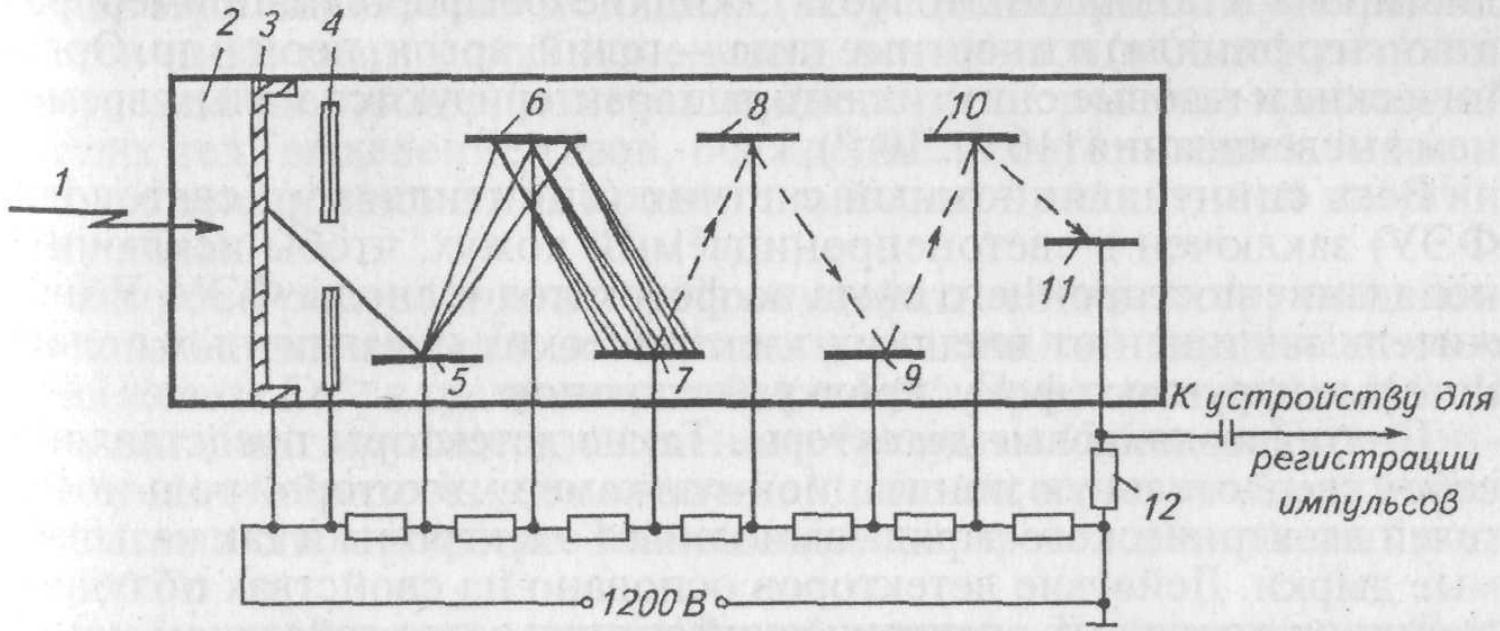


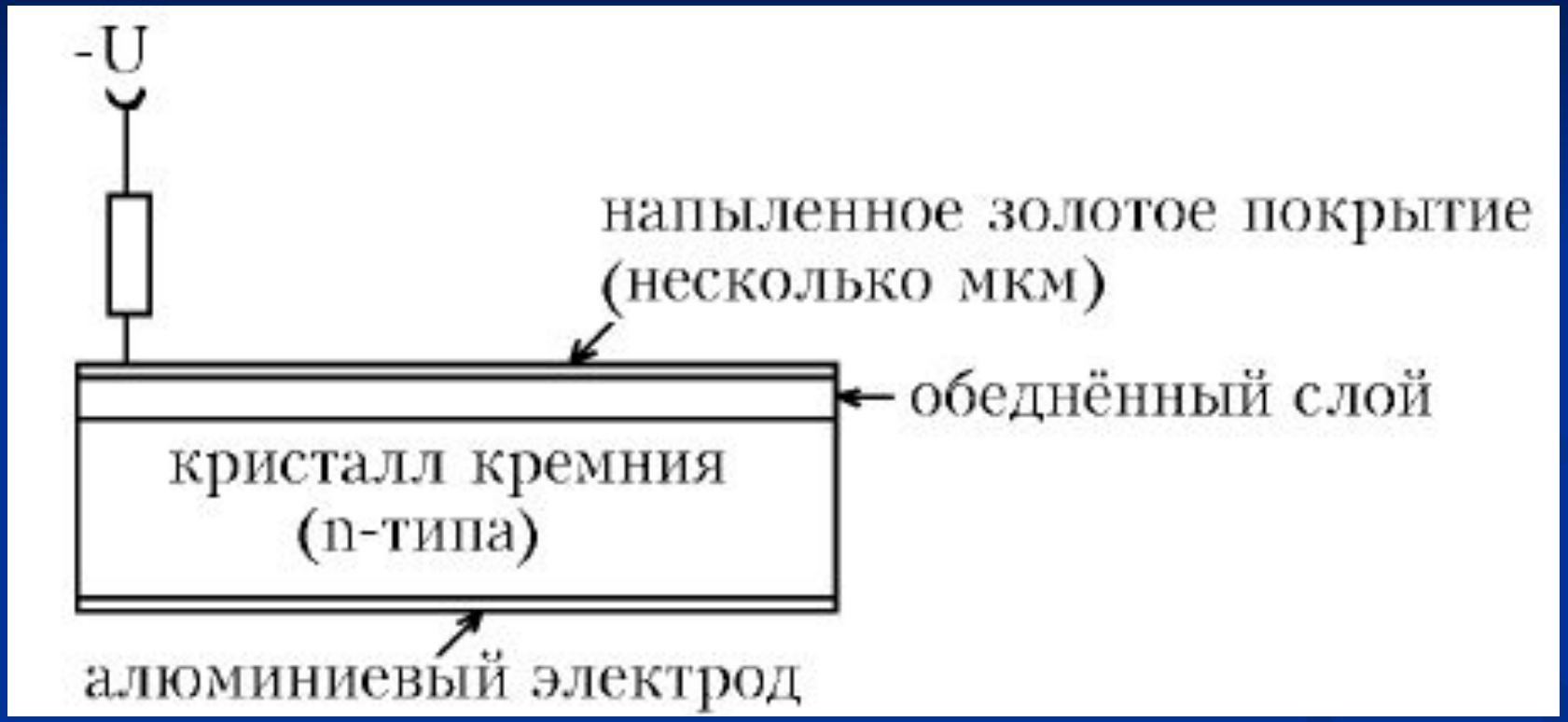

**Рис. 15. Принципиальная схема сцинтилляционного счетчика:**

*1* — ионизирующее излучение; *2* — сцинтиллятор; *3* — фотокатод ФЭУ; *4* — фокусирующая диафрагма; *5—10* — диноды; *11* — анод; *12* — нагрузочное сопротивление

# Сцинтилляторы

- Материал из которого изготовлен сцинтиллятор:
  - ZnS(Ag)
  - CsI(Tl), NaJ(Tl1)
  - Пластмассовый сцинтиллятор.
- Агрегатное состояние и размеры сцинтиллятора:
  - Монокристалл/жидкий сцинтиллятор или рабочий газ;
  - Размеры детектора и толщины входных окон

# Полупроводниковый детектор



# Дозиметр гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд»

- Простой в обращении и недорогой дозиметр, удобный для проведения радиационных обследований. Результат измерения и его погрешность индицируются непрерывно с момента начала измерений и постоянно уточняются. Благодаря звуковой сигнализации может быть использован также для экспресс-оценки радиационной обстановки.
- **Назначение:**

измерение мощности дозы H*(10) гамма-излучения;

измерение дозы H*(10) гамма-излучения (дозы оператора)

# 5. Дозиметры рентгеновского излучения

## Дозиметр рентгеновского излучения МКС-АТ-1103М

# Дозиметр рентгеновский импульсный

# ДКС-АТ1121/ДКС-АТ1123

# Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения

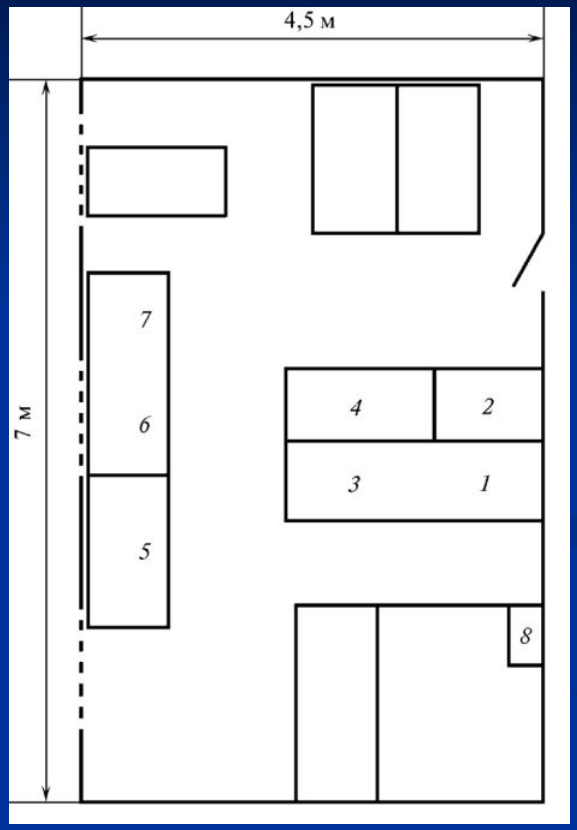
# ДКС-АТ1121/ДКС-АТ1123

| | |
|---|---|
| Детектор | сцинтилляционная пластмасса Ø30х15 мм |
| Диапазон измерения: | |
| • мощности дозы H*(10) непрерывного излучения (для ДКС-АТ1121/1123) | 0,05 мкЗв/ч ÷ 10,0 Зв/ч |
| • мощности дозы H*(10) кратковременного излучения (для ДКС-АТ1121/1123) | 5 мкЗв/ч ÷ 10,0 Зв/ч |
| • мощности дозы H*(10) импульсного излучения (для ДКС-АТ1123) | 0,1 мкЗв/ч ÷ 10,0 Зв/ч |
| • дозы H*(10) | 10 нЗв ÷ 10,0 Зв |
| Минимальная длительность кратковременного излучения | 0,03 сек |
| Минимальная длительность импульсного излучения при мощности дозы в импульсе до 1,3 Зв/с (для ДКС-АТ1123) | 10 нс |
| Диапазон энергий | **0,015 ÷ 10 МэВ** |

# Точки радиационнного контроля

- Точки радиационного контроля (РК) устанавливаются в соответствии с видом деятельности. Схема расположения точек РК может быть приложение к обоснованию радиационной безопасности и/или к инструкции по радиационной безопасности.

## Схема расположения контрольных точек для дозиметрического радиационного контроля в помещении №253 лаборатории «Физической электроники» кафедры экспериментальной физики факультета физико-математических и естественных наук РУДН




***1-7*** **— рабочие места;**

***8*** **— сейф для хранения ЗРНИ.**

**ЗРНИ хранятся в сейфе в защитном контейнере.**

**Измерение радиационного фона производится на расстоянии 10 см и 1 м от поверхности сейфа на уровне расположения контейнера.**

**Периодичность РК 1 – 2 раза в год.**

## СанПиН 2.6.1.3106-13. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей

- V. Радиационный контроль
- 5.1. Юридические или физические лица, использующие РСЧ, проводят радиационный контроль за основными параметрами (пункт 5.3 настоящих правил), определяющими уровни возможного облучения персонала и населения. Радиационный контроль осуществляется в соответствии с утвержденной программой производственного радиационного контроля, которая может быть составляющей частью программы производственного контроля.
- 5.2. Радиационный контроль РСЧ может проводиться прошедшим специальную подготовку лицом, ответственным за радиационный контроль, службой радиационной безопасности или аккредитованной в соответствующих областях измерений лабораторией радиационного контроля, имеющей лицензию на осуществление деятельности в области использования ИИИ и СЭЗ.
- 5.3. Радиационный контроль РСЧ включает измерение следующих основных параметров:
- - индивидуальные дозы внешнего облучения персонала группы А;
- - мощность амбиентного эквивалента дозы рентгеновского излучения на расстоянии 10 см от внешней поверхности РСЧ (защитного ограждения) и на постоянных рабочих местах персонала;
- - дозу человека за одно сканирование.

- 5.4. Контроль индивидуальных доз внешнего облучения персонала группы А, работающего с РСЧ, должен проводиться с использованием индивидуальных дозиметров постоянно с ежеквартальной регистрацией результатов в индивидуальных карточках, которые должны храниться в течение 50 лет. При проведении индивидуального дозиметрического контроля необходимо вести учет годовых эффективных доз, эффективной дозы за 5 последовательных лет, а также суммарной накопленной эффективной дозы за весь период профессиональной работы с ИИИ.
- В случае перехода работника в другую организацию, где проводится работа с ИИИ, копия индивидуальной карточки передается на новое место работы; оригинал должен храниться на прежнем месте работы.
- Лицам, командируемым для работ с ИИИ, должна выдаваться заполненная копия индивидуальной карточки о полученных дозах облучения. Данные о дозах облучения прикомандированных лиц должны включаться в их индивидуальные карточки.

- 5.5. Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы на рабочих местах персонала производится на трех высотах: 0,5, 1,0 и 1,5 м над полом. Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы на расстоянии 10 см от внешней поверхности РСЧ (защитного ограждения) производится на четырех высотах: 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м над полом вокруг всего РСЧ (защитного ограждения) с шагом не более 0,5 м.
- Указанные виды радиационного контроля проводятся в плановом порядке 1 раз в год. Кроме того, каждый раз после ремонта РСЧ, замены рентгеновской трубки или элементов радиационной защиты проводится внеочередной радиационный контроль.

- 5.7. Для РСЧ, допускающих регулирование параметров генерации пучка рентгеновского излучения (анодное напряжение рентгеновской трубки, анодный ток), радиационный контроль должен проводиться при максимальных значениях рабочих параметров.
- 5.8. Для проведения радиационного контроля должны использоваться средства измерения, предназначенные для измерения контролируемых величин и имеющие действующее свидетельство о поверке.
- 5.9. Ежедневно регистрируется измеренное значение дозы за сканирование и число проведенных сканирований. Эти данные используются для получения общего числа сканирований за год и годовой коллективной дозы за счет использования РСЧ для занесения их в радиационно-гигиенический паспорт5.9. Ежедневно регистрируется измеренное значение дозы за сканирование и число проведенных сканирований. Эти данные используются для получения общего числа сканирований за год и годовой коллективной дозы за счет использования РСЧ для занесения их в радиационно-гигиенический паспорт организации и для учета годовой дозы облучения людей в соответствии с пунктом 2.11 настоящих правил.

- 5.6. В качестве приемлемой оценки эффективной дозы облучения за одно сканирование используется значение амбиентного эквивалента дозы, измеренного в месте расположения человека при проведении сканирования на высоте 1,0 м от пола (далее - доза за сканирование). Контроль дозы за сканирование производится каждый раз перед началом работы после включения РСЧ. Полученная величина заносится в журнал и используется для расчета коллективной дозы людей, прошедших сканирование на РСЧ за этот день. Если доза за сканирование не превышает соответствующую величину, приведенную в технической документации на РСЧ, то РСЧ может использоваться для проведения персонального досмотра людей. В противном случае необходимо приостановить работу, провести ревизию и ремонт РСЧ и последующий радиационный контроль.

# 5. Основные виды ИДК персонала

**Для персонала группы «Б»**
применяется групповой дозиметрический контроль, осуществляемый расчетным путем на основании измерений мощностей доз на рабочих местах

**Для персонала группы «А»**
предписывается ношение индивидуальных дозиметров на поверхности тела (МУ 2.6.1. 2118-06 )

**ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИДК:**

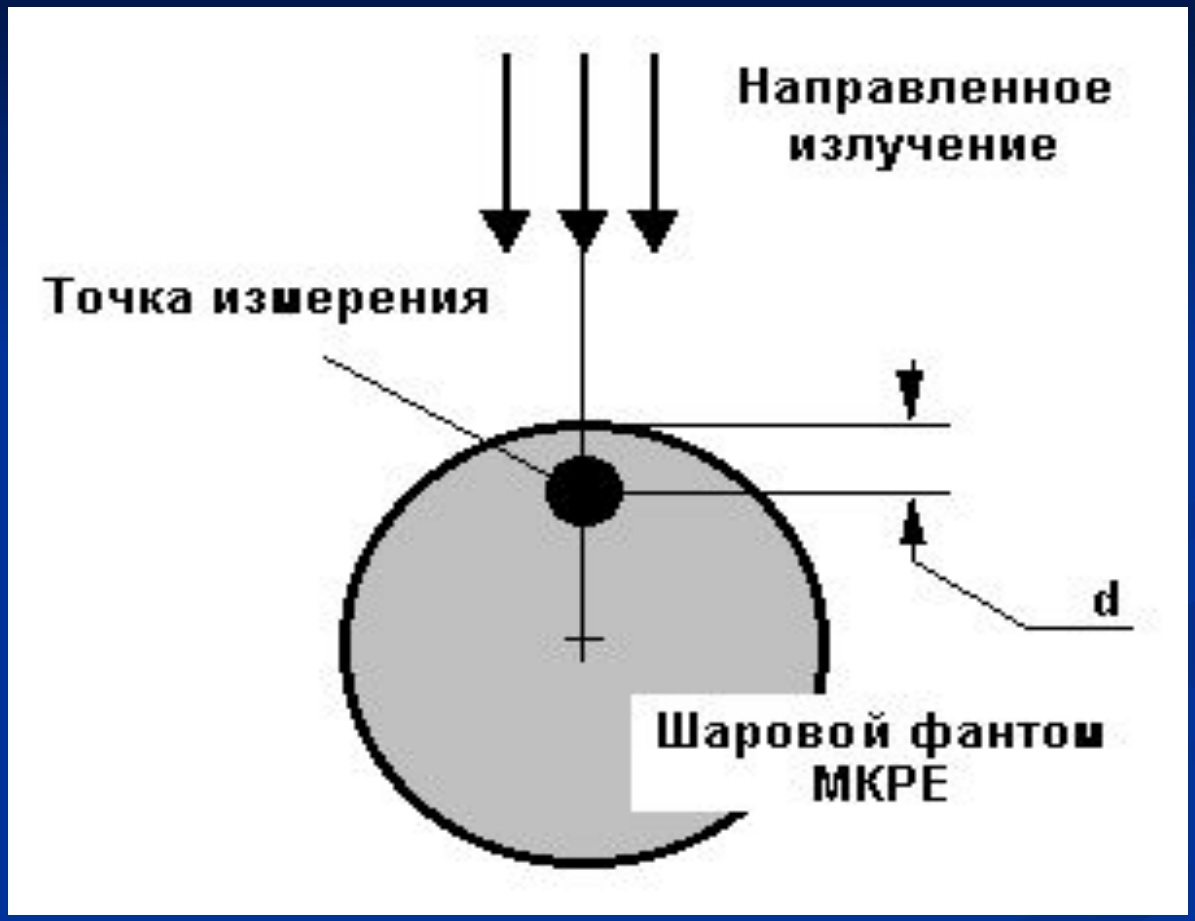
- текущий контроль;
- оперативный контроль;
- аварийный контроль (МУ 2.6.1.25-2000)

# Амбиентный эквивалент дозы

*Амбиентный эквивалент дозы* ***H*(d)*** – эквивалент дозы, который был бы создан в шаровом фантоме МКРЕ на глубине d (*мм*) от поверхности по диаметру, параллельному направлению излучения, в поле излучения, идентичном рассматриваемому по составу, флюенсу и энергетическому распределению, но мононаправленном и однородном

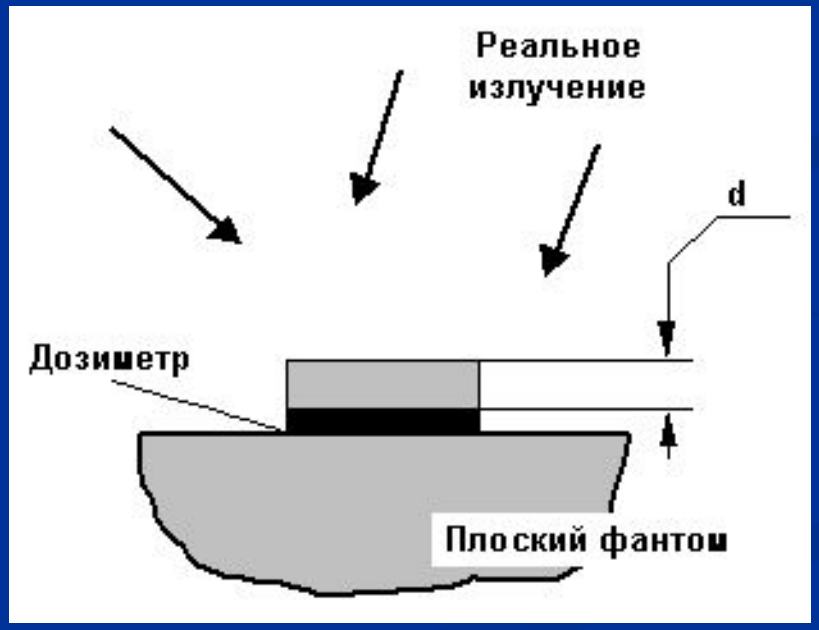
Амбиентный эквивалент дозы используется для характеристики поля излучения в точке, совпадающей с центром шарового фантома

# Амбиентный эквивалент дозы



# Индивидуальный эквивалент дозы

*Индивидуальный эквивалент дозы* ***Hp(d)*** – эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине ***d (мм)*** под рассматриваемой точкой на теле



# Соответствие между нормируемыми и операционными величинами

| Нормируемая величина | Операционная величина: Индивидуальный эквивалент дозы | | |
|---|---|---|---|
| | Положение индивидуального дозиметра | d, мм | Условное обозначение |
| Эквивалентная доза внешнего облучения кожи | Непосредственно на поверхности наиболее облучаемого участка кожи | 0,07 | $H_P(0,07)$ |
| Эквивалентная доза внешнего облучения хрусталика глаза | На лицевой части головы | 3 | $H_P(3)$ |
| Эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщины | На соответствующем месте поверх спецодежды | 10 | $H_P(10)$ |
| Эффективная доза внешнего облучения | На нагрудном кармане спецодежды либо внутри него | 10 | $H_P(10)$ |

# Дозиметры для текущего ИДК

**ТЛД дозиметры** - универсальные дозиметры для всех случаев энергетических диапазонов и длительностей облучения, но не имеют средств индикации и сигнализации;

**ДКР-04М** - для персонала рентгеновских диагностических кабинетов и для ангиологических бригад (длительность рентгеновского излучения от 30 мс);

**ДДГ-01Д** - для оперативного гамма-дозиметрического контроля, осуществляемого параллельно с ТЛД-дозиметрией;

Все остальные показывающие ИД имеют универсальное применение, но только для непрерывного излучения.

# Дозиметры для текущего ИДК

ка ДВГ-02ТМ

## Различные ТЛД

# Термолюминесцентные дозиметры МКД («тип А»)

Детекторы ТТЛД-580, ДТГ-4
Количество детекторов:- ТТЛД-580 - 3
ДТГ-4 - 1
Измеряемые величины

- доза в коже лица Hp(0,07)
- доза в хрусталике глаза Hp(3)
- Диапазон измерения Hp(0,07), Hp(3)2,0 мЗв ÷ 100 Зв
- Толщина входного окна 2 мг/см2
- Толщины поглотителей для детекторов ТТЛД-58050; 90; 110 мг/см2
- Толщина поглотителей для детектора ДТГ-4300 мг/см2
- Число циклов использования детекторовне менее 500
- Габаритные размеры, массаø32х16 мм, 9 г

# Кожные ТЛД

# Термолюминесцентные дозиметры МКД («тип Б»)

| | |
|---|---|
| Детекторы | ТТЛД-580 |
| Количество детекторов: | 4 |
| Измеряемая величина | доза в коже пальцев рук Hp (0,07) |
| Диапазон измерения Hp(0,07) | 2,0 мЗв ÷ 100 Зв |
| Толщины поглотителей | 38; 50; 92; 155 мг/см2 |
| Число циклов использования детекторов | не менее 500 |
| Габаритные размеры, масса | 90x20x2 мм, |

# Индивидуальные дозиметры

Комплект индивидуальных дозиметров ДДГ-01Д

# Индивидуальный дозиметр ДКС-АТ3509/АТ3509А/АТ3509В/АТ3509С

- Детектор кремниевый планарный
- Диапазон измерения индивидуального эквивалента дозы:
- ДКС-АТ3509, -3509А Hp(10)1 мкЗв ÷ 10 Зв
- ДКС-АТ3509В, -АТ3509С Hp(10), Hp(0,07)1 мкЗв ÷ 10 Зв
- Диапазон измерения мощности индивидуального эквивалента дозы:
- ДКС-АТ3509, -3509А Hp(10) 0,1 мкЗв/ч ÷ 1 Зв/ч
- ДКС-АТ3509В Hp(10), Hp(0,07) 0,1 мкЗв/ч ÷ 1 Зв/ч
- ДКС-АТ3509С Hp(10), Hp(0,07) 0,1 мкЗв/ч ÷ 5 Зв/ч
- Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения дозы±15 %
- Диапазон энергий регистрируемого излучения:
- ДКС-АТ3509, -3509В, -3509С 0,015 ÷ 10 МэВ
- ДКС-АТ3509А 0,030 ÷ 10 МэВ
- Энергетическая зависимость:
- Hp(10) в диапазоне 15 кэВ ÷ 1,5 МэВ ±25 %
- Hp(10) в диапазоне 1,5 МэВ ÷ 10 МэВ ±60 %
- Hp(0,07) в диапазоне 15 кэВ ÷ 300 кэВ (-3509В, -3509С) ±30 %

# Индивидуальный дозиметр ДКГ-21

# Индивидуальный дозиметр рентгеновского излучения ДКР-04

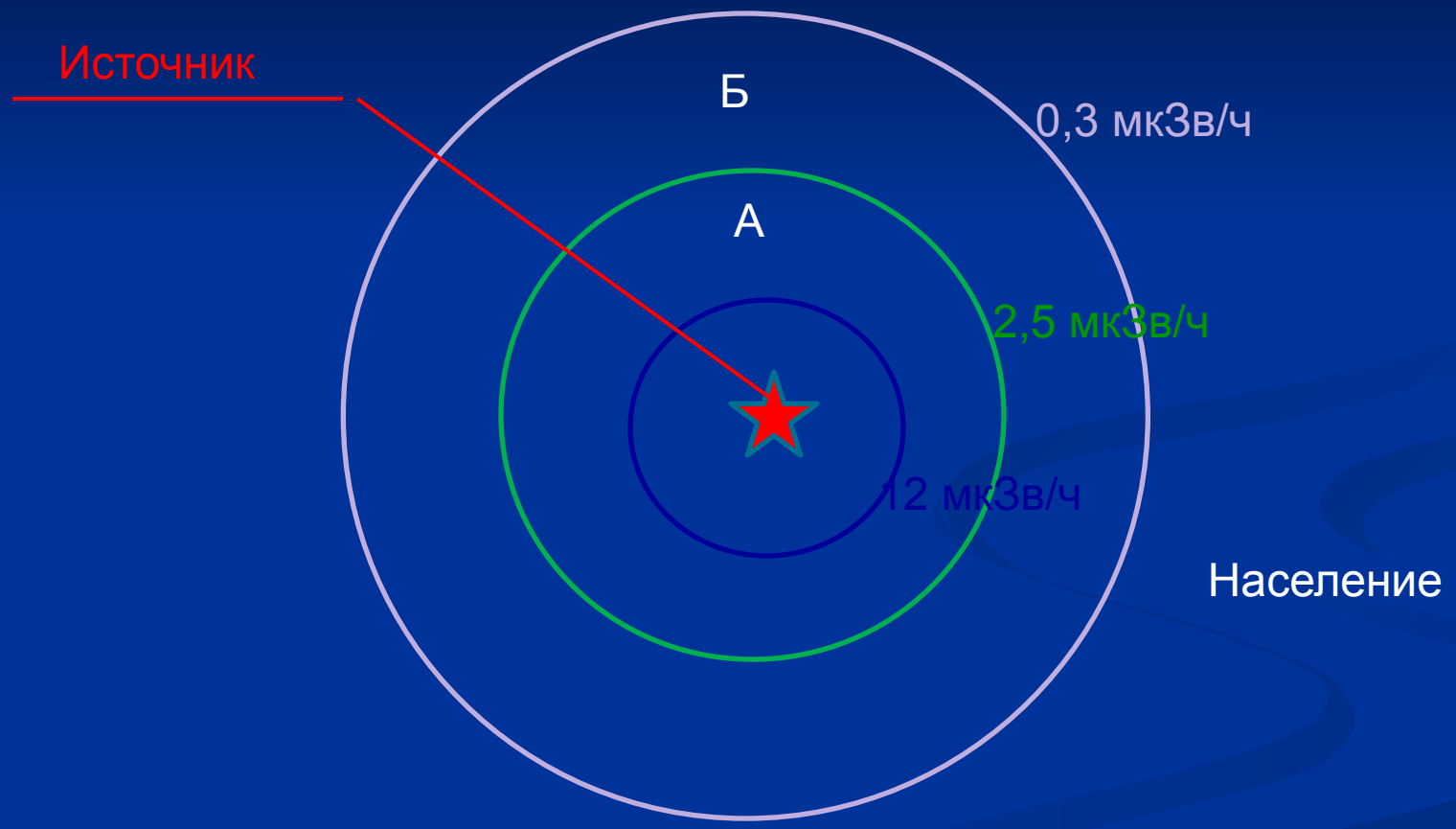
- **Дозиметр для оперативного индивидуального дозиметрического контроля персонала, работающего с источниками рентгеновского излучения и низкоэнергетических гамма-квантов.**

- **Назначение:**
- **измерение и индикация индивидуального эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы рентгеновского излучения (кроме промышленных установок со сверхкороткими импульсами).**

- **Свойства:**
- **измерение текущей (со времени последнего включения) и общей (за все время эксплуатации) накопленной дозы, наличие звуковой и визуальной сигнализации превышения порогов по накопленной дозе и мощности дозы;**
- **простая установка пользователем порогов сигнализации по накопленной дозе и мощности дозы;**

- **индикация напряжения батареи;**
- **сохранение информации о накопленной дозе при разряде или отключении элемента питания.**

# Характеристики дозиметра ДКР-04

- Тип детектора: кремниевый с компенсирующим фильтром
- Диапазон измерения: мощности дозы 1,0 мкЗв/ч ÷ 50 мЗв/ч
- Дозы 1 мкЗв ÷ 10 Зв
- Диапазон эффективной энергии фотонного излучения15 ÷ 150 кэВ
- Энергетическая зависимость чувствительности относительно энергии 100 кэВ не более ± 35%
- Анизотропия при эффективной энергии 30 кэВ и углах падения излучения от 0 до +60° относительно оси, перпендикулярной к задней плоскости дозиметра не более 35 %
- Основная погрешность измерения:
  по дозе ±(15+5/Н)*
- по мощности дозы ±(15+30/Н)*
- Время измерения мощности дозы в зависимости от мощности дозы от 1 до 255 сек
  (уменьшается с ростом мощности дозы)

# Радиационно опасные зоны для различных категорий облучаемых лиц