

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«КУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Индустриально-педагогический

Кафедра Общетехнических дисциплин и безопасности жизнедеятельности

ПРИБОРЫ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

Методические указания к выполнению практической работы
по дисциплине «Основы военной подготовки»

Курск, 2024 г.

ББК 68.518.1
УДК 53.082.79, 614.8.086

Рецензент –

Методические рекомендации к выполнению практической работы по дисциплине «Основы военной подготовки» «Приборы радиационной разведки» / Сост. Ермакова Н.В.; Курск. гос. ун-т. – Курск: КГУ, 2024. – с.

Методические рекомендации предназначены для студентов очной, очно-заочной, заочной, дистанционной и смешанной форм обучения всех направлений подготовки высшего учебного заведения.

ББК 68.518
УДК 614.8.086

© Ермакова Н.В. 2024.
© Курский государственный университет, 2024

1 Теоретические сведения

1.1 Общие сведения об ионизирующих излучениях

Ионизирующее излучение – это излучение, которое возникает при радиоактивном распаде или ядерных превращениях и вызывает ионизацию среды (повреждение молекул облученного вещества, распад их на ионы и электроны). Источник ионизирующего излучения – радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

Известно, что в природе существуют устойчивые и неустойчивые химические элементы. К последним относятся уран, торий, радий и др. У неустойчивых элементов ядра атомов, распадаясь, превращаются в ядра атомов другого элемента. Такой процесс самопроизвольного распада, сопровождающийся испусканием ионизирующего излучения, называют радиоактивным распадом, **радиоактивностью**. Самопроизвольно распадающиеся вещества называют **радионуклидами**. Радиоактивные излучения характеризуются различными проникающими и ионизирующими (повреждающими) способностями.

Альфа-частицы обладают относительно большими массой и зарядом, вызывают интенсивную ионизацию, но при этом имеют малую проникающую способность (малый радиус действия). Они могут быть остановлены кожей человека или листом обыкновенной бумаги. Их пробег в воздухе не превышает 9 см, а в тканях живого организма исчисляется тремя десятками микрометров. Опасно их воздействие при попадании внутрь организма с водой, пищей, вдыхаемым воздухом, через открытую рану.

Бета-частицы обладают большей, чем альфа-частицы, проникающей, но меньшей ионизирующей способностью, их пробег в воздухе – до 15 м, в ткани организма – 1-2 см. Они проходят сквозь лист алюминия толщиной до 10 см.

Гамма-излучение создает слабую ионизацию, но, распространяясь со скоростью света, обладает высокой проникающей способностью (наибольшей глубиной проникновения). Его проникающую способность может ослабить только толстая свинцовая или бетонная стена.

Нейтроны – нейтральные частицы, имеющие массу атома водорода; при столкновении с веществом теряют свою энергию.

При радиоактивном распаде все ядра радиоактивного вещества распадаются не одномоментно. Интервал времени, в течение которого распадается половина атомов радиоактивного вещества, называют периодом полураспада.

Различают короткоживущие изотопы, период полураспада которых исчисляется долями секунды, секундами, минутами, часами, сутками, и долгоживущие изотопы, период полураспада которых – от нескольких месяцев до миллиардов лет. Например, период полураспада тория – 10 млн. лет, радия – 1620 лет, висмута-210 – 5 дней, полония-218 – 3 минуты, полония-214 – одна миллионная доля секунды.

Под радиационным фоном принято понимать ионизирующие излучения от природных источников (естественного космического фона) и искусственных радионуклидов, рассеянных в биосфере в результате деятельности человека (примерно 3 % естественного фона). Человек хорошо адаптирован к воздействию радиационного фона нашей планеты. Эта составляющая, отдельно взятая, для человека угрозы не несет.

В мирных условиях техногенный источник излучения – это источник ионизирующего излучения, специально созданный для его полезного применения излучения, или такой, в котором излучения являются побочным продуктом деятельности. Предприятия, использующие в своих технологиях радиоактивные вещества, испытательные полигоны ядерного оружия, крупные объекты атомной энергетики, производства, занятые добычей или обогащением ядерного топлива, могильники радиоактивных отходов, медицинское оборудование, использующее радионуклиды, и др. являются источниками искусственной составляющей радиационного фона. Имеются целые регионы, где угроза от них более чем существенна. На рабочих местах источниками ионизирующих излучений могут быть ускорительные установки, рентгеновские аппараты, радиолампы, дефектоскопы (аппараты для определения нарушений структуры внутри металлических изделий), аппараты и приборы, выполняющие контрольно-сигнальные функции, пожарные извещатели и т.п.

Также облучение происходит при полетах на самолете, просмотре телепередач, работе за компьютером, получении некоторых медицинских процедур. Например, на высоте полета рейсовых самолетов радиоактивный фон в 10-15 раз превышает параметры, наблюдаемые на поверхности Земли.

На объектах железнодорожного транспорта повышенный радиоактивный фон наблюдается при строительстве и эксплуатации железнодорожного пути, если в строительстве для балластной призмы и насыпи применяются щебень и песок, содержащие радионуклиды. Повышенный фон достаточно часто фиксируют в местах складирования загрязненных конструкций и тары, в местах радиоактивного заражения местности при техногенных авариях.

Техногенным источником ионизирующих излучений может быть подвижной состав, находящийся под погрузкой, выгрузкой, транспортировкой, очисткой, дезактивацией после перевозки в нем радиоактивных грузов или полезных ископаемых с повышенным содержанием радионуклидов. Техногенными источниками ионизирующих излучений являются радиоактивные элементы, применяемые в рельсовых дефектоскопах и некоторых приборах, старые модели пожарных извещателей в складах и пассажирских вагонах.

Вероятность радиоактивного облучения и заражения существует при террористических актах с использованием радиоактивных материалов, а также возможна в военное время при угрозе применения ядерного оружия массового поражения, «грязной бомбы» или преднамеренного разрушения АЭС.

1.2 Дозы излучения и единицы измерения

Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. В таблице 1 дан перечень единиц измерения радиологических величин и проведено сравнение единиц системы СИ и внесистемных единиц.

Таблица 1 – Основные радиологические величины и единицы

Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	Си	
Активность радионуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	$1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$ $1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$
Экспозиционная доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	$1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$ $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$
Эквивалентная доза, Н	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)	$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$ $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$
Интегральная доза излучения	Рад·г, рад·г (рад·г, rad·g)	Грей·кг (Гр·кг, Gy·kg)	$1 \text{ рад·г} = 10^{-5} \text{ Гр·кг}$ $1 \text{ Гр·кг} = 105 \text{ рад·г}$

Для описания влияния ионизирующих излучений на вещество используются следующие понятия и единицы измерения:

Активность радионуклида в источнике – равна отношению числа самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за малый интервал времени.

Экспозиционная доза определяется зарядом вторичных частиц, образующихся в массе вещества при полном торможении всех заряженных частиц. Используется в качестве количественной меры рентгеновского и гамма(γ)-излучения.

Поглощение энергии ионизирующего излучения является первичным процессом, дающим начало последовательности физико-химических преобразований в облученной ткани, приводящей к наблюдаемому радиационному эффекту. Поэтому естественно сопоставить наблюдаемый эффект с количеством поглощенной энергии или поглощенной дозы.

Поглощенная доза равна отношению средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме.

Эквивалентная доза равна произведению поглощенной дозы, созданной облучением и усредненной по анализируемому органу или по всему организму, и весового множителя (коэффициента качества излучения). Используется для оценки возможного ущерба здоровью человека в условиях хронического облучения в области радиационной безопасности.

Влияние облучения носит неравномерный характер. Для оценки ущерба здоровью человека за счет различного характера влияния облучения на разные органы (в условиях равномерного облучения всего тела) введено понятие эффективной эквивалентной дозы, применяемое при оценке возможных стохастических эффектов – злокачественных новообразований. **Эффективная доза** равна сумме взвешенных эквивалентных доз во всех органах и тканях.

2 Практическая часть

Цель практической работы – изучение видов, характеристик и принципов работы приборов контроля ионизирующего излучения.

2.1 Методы обнаружения ионизирующих излучений

Обнаружение ионизирующих излучений основывается на их способности ионизировать и возбуждать атомы и молекулы среды, в которой они распространяются. Такие процессы изменяют физико-химические свойства облучаемой среды, которые могут быть обнаружены и измерены.

К таким изменениям среды относятся:

- изменение электропроводности веществ (газов, жидкостей, твердых материалов);
- люминесценция (свечение) некоторых веществ;
- засвечивание фотопленок;
- изменение цвета, окраски, прозрачности, сопротивления электрическому току некоторых химических растворов и др.

Взяв за основу эти явления, для регистрации и измерения ионизирующих излучений используют фотографический, химический, сцинтилляционный и ионизационный методы.

Фотографический метод (рисунок 1) основан на измерении степени почернения фотоэмульсии под воздействием радиоактивных излучений. Гамма-лучи, воздействуя на молекулы бромистого серебра, содержащегося в фотоэмульсии, выбивают из них электроны связи. При этом образуются мельчайшие кристаллики серебра, которые и вызывают почернение фотопленки при ее проявлении.

Сравнивая почернение пленки с эталоном, можно определить полученную пленкой дозу облучения, так как интенсивность почернения пропорциональна дозе облучения.

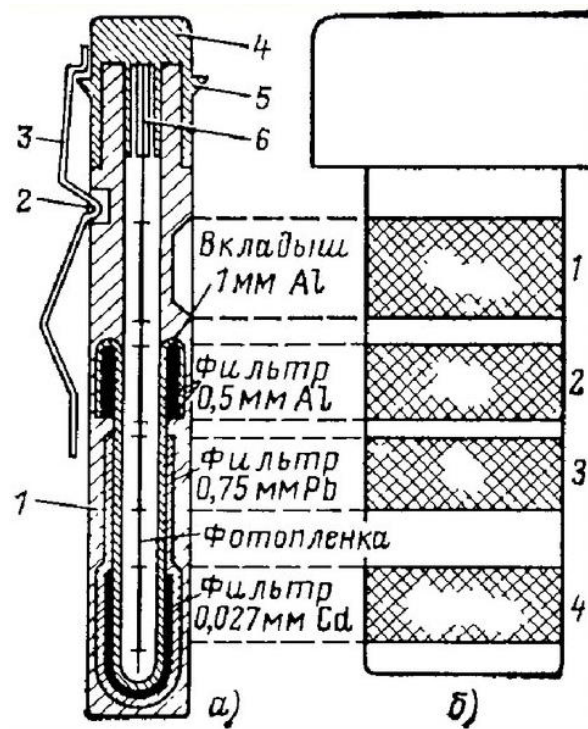


Рисунок 1 – Фотодозиметр «ИФКУ-1», включающий измерительный пульт и 200 кассет (индивидуальных дозиметров):

- а) поперечный разрез кассеты: 1 – корпус, с внутренней стороны которого запрессованы фильтры; 2 – ось, предназначенная для крепления кассеты к одежде и для фиксирования крышки; 3 – пружины; 4 – гофрированные зажимы пленки; 5 – фиксатор пружины; 6 – крышка с номером снаружи; б) местоположение вкладыша и фильтров

Химический метод основан на определении изменений цвета некоторых химических веществ под воздействием радиоактивных излучений. Так, например, хлороформ при облучении распадается с образованием соляной кислоты, которая, накопившись в определенном количестве, воздействует на индикатор, добавленный к хлороформу. Интенсивность окрашивания индикатора зависит от количества соляной кислоты, образовавшейся под воздействием радиоактивного излучения, а количество образовавшейся соляной кислоты пропорционально дозе радиоактивного облучения. Сравнивая окраску раствора с имеющимися эталонами, можно определить дозу радиоактивных излучений, воздействовавших на раствор. На этом методе основан принцип работы индивидуального химического дозиметра «ДП-70МП» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Военный индивидуальный химический дозиметр «ДП-70МП»

Сцинтилляционный метод (рисунок 3) основан на том, что под воздействием радиоактивных излучений некоторые вещества (сернистый



Рисунок 3 – Сцинтилляционный дозиметр «ДРГЗ-04»

цинк, йодистый натрий, вольфрамат кальция и др.) испускают фотоны видимого света. Возникшие при этом вспышки света (сцинтилляции) могут быть зарегистрированы. Количество вспышек пропорционально интенсивности излучения.

Ионизационный метод основан на том, что под воздействием радиоактивных излучений в изолированном объеме происходит ионизация газов. При этом нейтральные молекулы и атомы газа разделяются на пары: положительные ионы и электроны. Если в облучаемом объеме создать электрическое поле, то под воздействием сил электрического поля электроны, имеющие отрицательный заряд, будут перемещаться к аноду, а положительно заряженные ионы - к катоду, т.е. между электродами будет проходить электрический ток, называемый ионизационным током. Чем больше интенсивность, а, следовательно, и ионизирующая способность радиоактивных излучений, тем выше сила ионизационного тока. Это дает возможность, измеряя силу ионизационного тока, определять интенсивность радиоактивных излучений. Данный метод является основным, и его используют почти во всех дозиметрических приборах (счетчик Гейгера, «ДП-5В», «ДКП-50А») (рисунок 4).



а)



б)



Рисунок 4 – Дозиметры, основанные на ионизационном методе:
а) измеритель «ДП-100 АДМ»; б) «ДП-64»

2.2 Порядок подготовки приборов радиационной разведки к работе

2.2.1 Прибор радиационной и химической разведки (ПРХР)



Рисунок 5 – Прибор радиационной и химической разведки

ПРХР предназначен для установки на подвижных бронированных объектах.

ПРХР обеспечивает:

- измерение мощности дозы гамма-излучения на местности;
- выдачу звуковой и световой сигнализации и управления исполнительными механизмами средств защиты экипажа объекта при возникновении радиоактивного заражения местности (сигнализация и команда «Р»);
- сигнализацию и управление средствами защиты экипажа объекта при ядерном взрыве (сигнализация и команда «А»);
- обнаружение в воздухе ОВ типа зарин, сигнализацию и управление исполнительными механизмами средств защиты экипажа объекта (сигнализация и команда «О»).

Диапазон измерений уровней радиации в пределах от 0,2 до 150 Р/ч. Имеется два поддиапазона: 0,2-5 Р/ч и 5 - 150 р/ч, погрешность измерений $\pm 20\%$. Сигнализация и команда «Р» срабатывает при радиоактивном заражении местности, когда мощность гамма-излучения превысит 0,05 Р/ч, время срабатывания не превышает 10 сек.

Сигнализация и команда «А» срабатывает, когда мощность дозы превышает 4 Р/сек., время срабатывания не превышает 0,1 сек. Сигнализация и команда «О» срабатывает при появлении в воздухе концентрации отравляющих веществ (ОВ) $5 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-4}$ мг/л и выше, время срабатывания не выше 30 сек. В приборе предусмотрена отдельная электрическая проверка сигнализации «Р», «А» и «О» с использованными механизмами, а также без них.

Питание прибора осуществляется от бортовой сети постоянного тока напряжением 26 В $\pm 15\%$. Общий вес прибора 23 кг.

Прибор состоит из пяти основных схем:

- схема измерения дозы гамма-радиации;
- схема сигнализации «Р»;
- схема сигнализации «А»;
- схема сигнализации «О»;
- схема питания.

Конструктивно прибор выполнен в виде трёх герметичных блоков: измерительного пульта, датчика и блока питания. Кроме того, имеется коробка управления обогревом и циклон с трубкой обогрева (входной) и трубкой выходной.

Подготовка прибора к работе:

1. Произвести внешний осмотр.
2. Установить переключатель рода работ на пульте в положение «ВЫКЛ».
3. Переключатель «ДАТЧИК/ВЫКЛ.» и «КОМАНДЫ» поставить в положение «ВЫКЛ».
4. Повернуть регулятор расхода воздуха на электрическом отсеке

датчика по направлению стрелки, обозначенной буквой «М», на 8-10 оборотов.

5. Ручки крана на отсеке фильтра датчика поставить в горизонтальное положение «УСТ. НУЛЯ».

6. Зафиксировать ручку смены кадров противодымного фильтра (ПДФ) на отсеке фильтра датчика в верхнее положение.

7. Разгерметизировать защитное устройство циклона.

Включение прибора:

1. Переключатель рода работ поставить в положение «УСТ. НУЛЯ».

2. Включить датчик тумблером «ДАТЧИК/ВЫКЛ.» в положение «ДАТЧИК».

3. Установить расход воздуха (поплавок ротаметра должен находиться между рисками).

4. Установить ручкой «УСТ. НУЛЯ» на пульте стрелку микроамперметра на риску середины желтого сектора, через 20 мин. после включения датчика.

5. Ручку крана отсека фильтра датчика поставить в верхнее положение и еще раз отрегулировать расход воздуха.

Проверка работоспособности:

1. Для проверки работоспособности обогрева циклона и трубки обогрева нажать поочередно кнопки «КОНТРОЛЬ/ЦИКЛОН» и «ТРУБКА». При этом сигнальная лампа на коробке управления обогрева должна загореться полным накалом.

2. Для проверки схемы сигнализации «ОРА» без выдачи команд необходимо:

- установить переключатель «КОМАНДЫ» в положение «ВЫКЛ.»;
- отвинтить заглушку кнопки «КОНТРОЛЬ ОРА»;
- переключатель рода работ по очереди установить в положение «КОНТРОЛЬ ОРА», при этом должны поочередно загораться полным накалом сигнальные лампы «О», «Р», «А» и выдаваться прерывистая звуковая сигнализация по объекту.

3. Проверка схем сигнализации О, Р, А с выдачей команд производится в той же последовательности, только переключатель «КОМАНДЫ» ставится в положение «ОРА».

4. Заглушку кнопки «КОНТРОЛЬ ОРА» навинтить на прежнее место. Установить переключатель рода работ в положение «0», переключатель «КОМАНДЫ» в положение «ОРА». Прибор готов для определения О, Р, А и выдачи соответствующей сигнализации и команд О, Р, А.

2.2.2 Ренгенметр «ДП-5В»

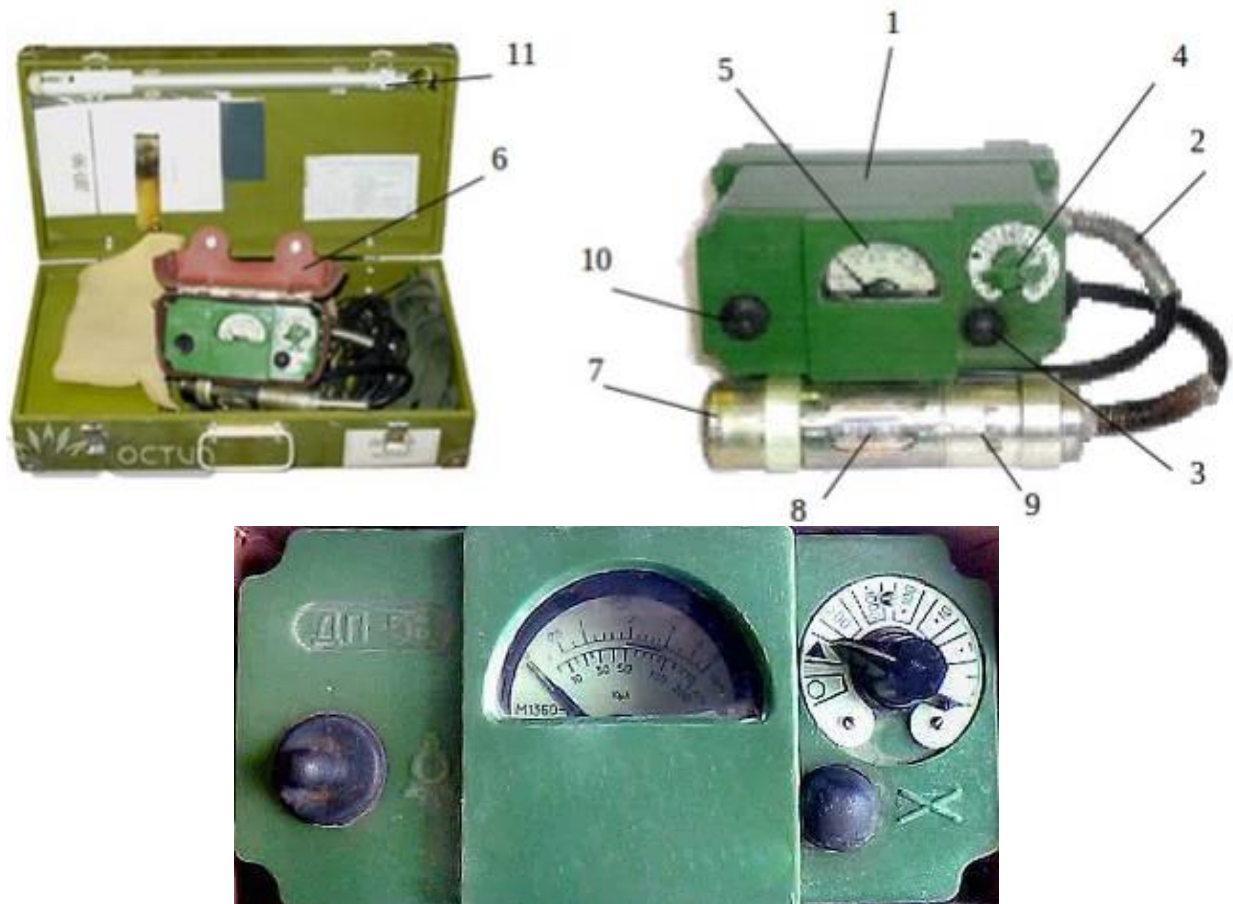


Рисунок 6 – Дозиметрический прибор «ДП-5В»:

1 – измерительный пульт; 2 – соединительный кабель; 3 – кнопка сброса показаний; 4 – переключатель поддиапазонов; 5 – микроамперметр; 6 – футляр прибора; 7 – блок детектирования; 8 – поворотный экран; 9 – контрольный источник; 10 – тумблер подсвета шкалы микроамперметра; 11 – удлинительная штанга.

«ДП-5В» предназначен для измерения мощности дозы гамма-излучения (уровня гамма-радиации) и радиоактивной зараженности различных объектов по гамма-излучению и для обнаружения бета-излучения.

Подготовка прибора к работе:

Присоединить блок детектирования (7) к удлинительной штанге (11).

Работа с прибором.

1. Определение уровня γ -радиации на местности производится на удалении 0,7-1 м от земли, измерение начинается с поддиапазона «200». Перед определением степени зараженности поверхностей радиоактивными веществами измеряется уровень гамма-фона местности.

2. При обнаружении бета-излучений, зонд располагается на уровне 1-1,5 см от зараженной поверхности и производится два замера – в положении

экрана «Г» и «Б». Разность результатов измерений указывает на наличие β -излучения.

2.2.3 Комплект дозиметров «ДП-22В»

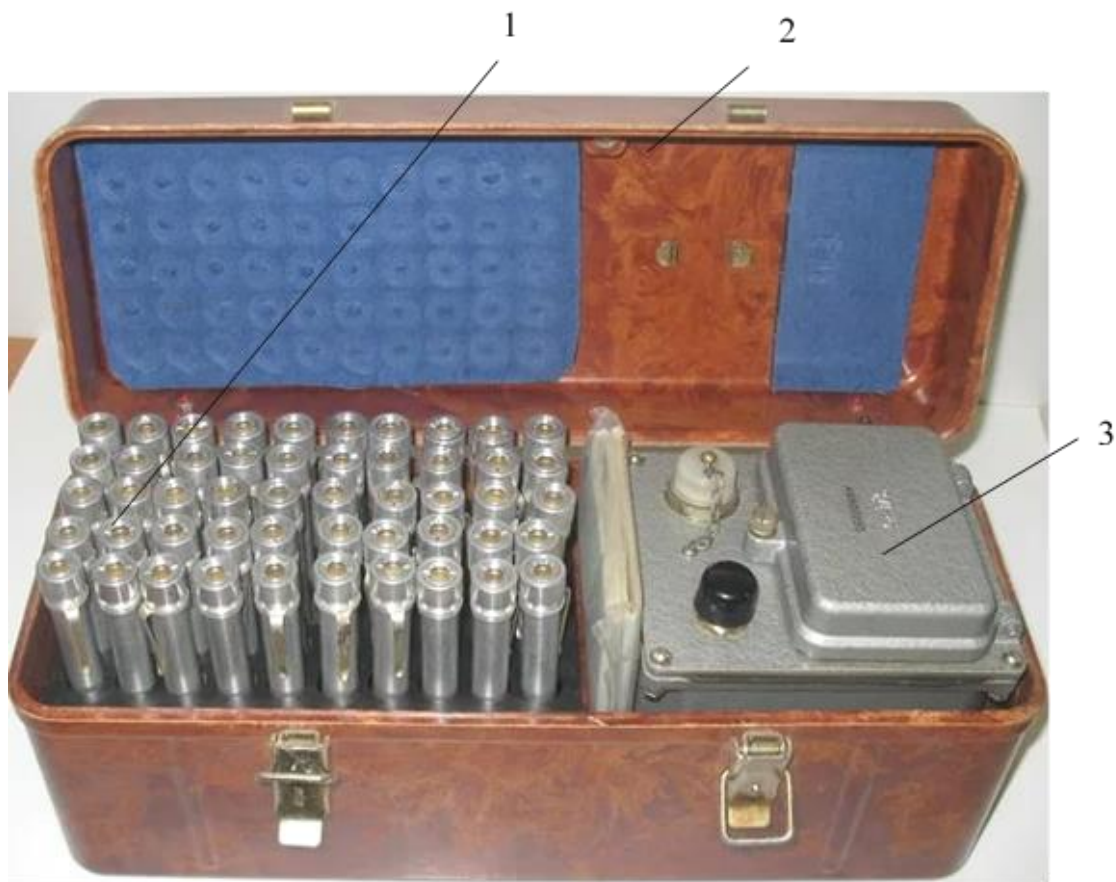


Рисунок 7 – Комплект дозиметров ДП-22В:

1 – дозиметр «ДКП-50А» (50 шт.); 2 – футляр; 3 – зарядное устройство «ЗД-5».

Комплекты предназначены для измерения доз облучения у личного состава.

Подготовка дозиметра к работе:

1. Для зарядки дозиметра «ДКП-50А» отвинтить пылезащитный колпачок дозиметра и колпачок гнезда «ЗАРЯД» (белый).
2. Вывести ручку «ЗАРЯД» (черная) против часовой стрелки до упора.
3. Дозиметр вставить в гнездо (белый), штырь упереть в его дно при этом должна загореться лампочка подсветки.
4. Наблюдая в окуляр и вращая ручку «ЗАРЯД» (черная) по часовой стрелке, установить тень от нити на «0» шкалы дозиметра.

Работа с дозиметром.

Поглощённая доза, зарегистрированная дозиметром во время работы в поле действия ионизирующего излучения, отсчитывается непосредственно через окуляр со стороны держателя по шкале. Смотровое окно при этом должно быть направлено на источник рассеянного света.

2.3 Практическое задание

Проведите измерение мощности дозы γ -излучения на местности, выбранной преподавателем. Зафиксируйте измерения в журнал.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «ионизирующее излучение».
2. Охарактеризуйте проникающие и ионизирующие способности радиоактивных излучений.
3. Дайте определение понятию «радиационный фон».
4. Назовите источники радиоактивных излучений.
5. Назовите системные и внесистемные единицы измерения основных радиологических величин.
6. Охарактеризуйте активность радионуклида в источнике.
7. Экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная, понятие, единицы измерения.
8. Дайте определение понятию «радионуклиды».
9. Назовите и охарактеризуйте методы обнаружения ионизирующих излучений.
10. Какие приборы используются для проведения радиационной разведки. Охарактеризуйте их назначения, устройство, порядок работы.