

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

*Е. В. Гривко, В. Н. Дунаев, О. С. Ишанова*

# **ОЦЕНКА УРОВНЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 022000.62 Экология и природопользование

Оренбург  
2013

УДК 504.5(075.5)  
ББК 20.18я7  
Г82

Рецензент – доцент, кандидат технических наук О. В. Чекмарева

Г82            **Гривко, Е. В.**  
Оценка уровня радиационной безопасности исследуемого объекта :  
методические указания / Е. В. Гривко, В. Н. Дунаев, О. С. Ишанова. –  
Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – 32 с.

Методические указания предназначены для выполнения работы по дисциплинам направления подготовки: 022000 Экология и природопользование: «Экология», «Практикум по экологии».

Материалы издания содержат следующие разделы: понятийный аппарат, сформулированные цель и задачи, описание необходимого оборудования и материалов, этапы хода работы, содержание и структура отчета о выполненной работе, контрольные вопросы для самопроверки.

Методические указания рекомендованы для студентов естественнонаучных, инженерных и экономических специальностей, изучающих дисциплины «Экология» и «Практикум по экологии».

УДК 504.5(075.5)  
ББК 20.18я7

© Гривко Е. В.,  
Дунаев В. Н.,  
Ишанова О. С., 2013  
© ОГУ, 2013

## Содержание

Введение.....	4
1 Пояснительная записка.....	6
2 Практическая работа №1 «Измерение уровня радиоактивного излучения при помощи партитивного прибора (детектора квартекс РД8901 и ДР56)».....	7
2.1 Понятийный аппарат.....	7
2.2 Общие положения.....	10
2.2.1 Характеристика ионизирующих излучений как физического фактора...	10
2.2.2 Основные источники радиоактивных загрязнений и виды ионизирующих излучений.....	11
2.2.3 Гигиеническое нормирование ионизирующих излучений.....	14
2.2.4 Методы обнаружения и измерения ионизирующих излучений.....	17
2.2.5 Принципы защиты от ионизирующих излучений.....	22
2.2.6 Измерение ионизационного излучения.....	23
2.2.7 Основы изучения радиационной безопасности.....	26
2.3 Ход работы.....	29
2.3.1 Этапы реализации.....	29
2.3.2 Форма отчета.....	30
Список использованных источников.....	31

## Введение

Авария на Чернобыльской АЭС, крупнейшая в истории атомной промышленности, заставила в корне пересмотреть взгляды общественности на проблемы радиационной безопасности. При этом резко возросло число людей, интересующихся природой ионизирующего излучения, уровнем естественного фона радиации и особенностями действия радиации на живой организм.

К сожалению, сегодня на полках библиотек мало специальной литературы, в которой в доступной форме излагаются основы дозиметрии, механизмы действия ионизирующего излучения и нормы радиационной безопасности. Авторы выражают надежду, что пособие, предлагаемое читателю, внесет свой вклад в радиационное образование населения и в какой-то степени поможет заполнить данный пробел.

Одна из основных целей работы состоит в том, чтобы добиться понимания, что радиации не надо бояться, вместе с тем необходимо придерживаться принципов обеспечения радиационной безопасности: принципа обоснования, предусматривающего применение источников ионизирующего излучения при несомненно большей пользе от их применения, чем вред наносимый ими; принципа оптимизации, т.е. поддержание на возможно низком уровне доз облучения от всех источников; принципа нормирования – не превышение установленных пределов доз облучения. Необходимо всегда помнить, что ионизирующее излучение при неправильном его использовании представляет чрезвычайно высокую, вплоть до летальных исходов, опасность для здоровья и жизни биологических организмов. Это требует от каждого из нас элементарных знаний о явлении радиоактивности, видах радиоактивных распадов, единицах измерения, естественном радиационном фоне биосферы и источниках излучения техногенного происхождения, об основных пределах доз персонала и населения.

Сегодня особое беспокойство вызывает рост применения ионизирующего излучения в медицине, промышленности и энергетике. Никогда еще человечество не внедряло новые технологии с такой опаской, что особенно проявилось после

аварии на АЭС в префектуре Фукусима (Япония). Бездумное отношение к источникам ионизирующих излучений, безответственное их применение, игнорирование принципов радиационной безопасности чревато тяжелыми последствиями, как в состоянии здоровья человека, так и в состоянии окружающей среды. За ошибки, совершенные десятки лет назад, мы платим сегодня большую цену.

Вообще вопрос о том, почему человек относится к одному виду деятельности, связанному с риском, более терпимо, чем к другому, мало изучен. А существующие методы оценки издержек и выгод от рискованных предприятий слишком неточны. Незнание основ дозиметрии и норм радиационной безопасности питает страхи.

Беспечное обращение с радиацией — сродни преступлению, не меньшее преступление — раздувание страхов. Радиофобия не просто вредна, она опасна. Если человеку долго доказывать, что он в смертельной опасности, то он действительно будет к ней близок.

Знание — лучшее противоядие страхам и подозрениям. Чем больше людей будут знать о радиации, о той пользе, которую она дает, и опасности, которую она влечет, тем четче они будут определять роль радиации в нашей жизни.

Восполнить имеющийся недостаток знаний в области проблемы «Радиоактивность и экология» и предстояло при написании этой работы. При ее подготовке использованы материалы из литературных источников, приведенных и представленных в списке и отражающих новые научные концепции и взгляды на роль радиоактивности в окружающем нас мире.

## **1 Пояснительная записка**

Данные методические указания к лабораторной работе на тему: «Оценка уровня ионизирующих излучений и основы радиационной безопасности» состоят из следующих разделов:

- характеристика ионизирующих излучений как физического фактора;
- основные источники радиоактивных загрязнений и виды ионизирующих излучений;
- гигиеническое нормирование ионизирующих излучений;
- методы обнаружения и измерения ионизирующих излучений;
- принципы защиты от ионизирующих излучений;
- измерение ионизационного излучения.

Данные методические указания предназначены для использования во время практических работ в городских условиях.

Целями практических работ в городских условиях являются проверка и закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях и семинарских занятиях по вопросу оценки уровня опасности экологической ситуации в учебных помещениях и выявление потенциальных источников ионизирующего излучения на исследуемой территории.

Задачи:

- познакомиться с методами обнаружения и оценка уровня ионизирующих излучений;
- проанализировать полученные данные и сформулировать выводы о степени опасности ситуации на исследуемой территории;
- научиться правильно определять уровень радиации в помещении и на прилегающей к образовательному учреждению территории.

В материалах методических указаний использованы данные из опубликованных ранее учебных пособий, атласов и справочников по дисциплине.

## **2 Практическая работа № 1 «Измерение уровня радиоактивного излучения при помощи партитивного прибора (детектора Квартекс РД8901 и ДР56)»**

**Цель работы:** выявить источники радиоактивных загрязнений в помещении и определить их влияние на здоровье человека.

Для реализации обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить теоретический материал по проблеме оценки ионизирующего излучения;
- ознакомиться с методикой измерения ионизирующего излучения;
- измерить ионизирующее излучение учебных помещений с помощью приборов;
- обработать результаты и проанализировать полученные результаты;
- предложить комплекс мер по уменьшению ионизирующих излучений.

**Оборудование и материалы:** детектор – индикатор радиоактивности (Квартекс РД 8901).

### **2.1 Понятийный аппарат**

1. Излучение — процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.

2. Ионизация – это процесс образования разделенных электрических зарядов, образующихся при вырывании электрона с электронной оболочки нейтрального атома, для чего требуется энергия в пределах 9 – 15 эВ, при этом атом приобретает положительный заряд. Электрон «прилипает» к нейтральному атому, образуя отрицательный ион.

3. Лучевая болезнь — заболевание, возникающее в результате воздействия различных видов ионизирующих излучений и характеризующаяся симптомокомплексом, зависящим от вида поражающего излучения, его дозы, локализации источника радиоактивных веществ

4. Ионизационная камера, прибор для исследования и регистрации ядерных частиц и излучений, действие которого основано на способности быстрых заряженных частиц вызывать ионизацию газа.

5. Детекторы излучений – это приборы, применяемые для регистрации радиации.

6. Альфа-излучение – это поток положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия), создающих большую плотность ионизации и имеющих пробег в воздухе не более 7-8 см, а в тканях человека - несколько микрон.

7. Бэ́та-излучение - состоит из потоков электронов или позитронов, имеет плотность ионизации в несколько сот раз, меньшую, чем альфа-излучение, но пробег в воздухе больше - 30 см.

8. Гамма-излучение и рентгеновское излучение представляет собой коротковолновое электромагнитное излучение, имеет плотность ионизации в сотни раз меньше, чем бэ́та-частицы, но проникающая способность значительно больше.

9. Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов, которые по энергии делят на холодные (менее 0,025эВ), тепловые, быстрые и сверхбыстрые нейтроны (до 300 МэВ). Проникающая способность потока нейтронов сравнима с гамма-излучением.

10. 1 бэр – это энергия любого вида излучения, поглощенная в 1 г ткани, при которой наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе в 1 рад фотонного излучения.

11. Поглощенная доза – количество энергии ионизирующего излучения, поглощенной единицей массы облучаемого вещества.

12. Экспозиционная доза – количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название.

13. Эффективная доза (E) – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она



представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты.

14. 1 рентген – это такая доза рентгеновских (или гамма) лучей, при которой в 1 см<sup>3</sup> воздуха образуется  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов каждого знака (или в 1 г воздуха  $-1,61 \cdot 10^{12}$  пар ионов).

15. Загрязнение – это нежелательное изменение физических, химических или биологических характеристик воздуха, почвы и воды, которое может сейчас или в будущем оказывать неблагоприятное влияние на жизнь самого человека, нужных ему растений и животных, на разного рода производственные процессы, условия жизни и культурное достояние, истощать или портить его сырьевые ресурсы.

16. Фоновое загрязнение – содержание химических веществ в почвах территорий, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени.

17. Устойчивость экосистемы – это способность экосистемы возвращаться в исходное состояние после снятия внешнего воздействия, выведшего ее из равновесия.

18. Экологическая безопасность – система политических, правовых, экономических, технологических и иных мер, направленных на обеспечение гарантий защищенности окружающей среды и жизненно важных интересов человека и гражданина от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в настоящем и будущем времени; состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и окружающей природной среды от угроз, возникающих в результате антропогенных и природных опасных воздействий.

19. Радиационная безопасность – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

## 2.2 Общие положения

### 2.2.1 Характеристика радиоактивных излучений как физического фактора воздействия на живые системы

Радиация (от латинского слова *radio* — излучаю) представляет собой излучение, идущее от какого-либо тела.

Радиация сопровождала людей всегда, ибо она гораздо старше человеческого рода. Задолго до того, как на Земле возникла жизнь, планету овеивал радиационный космический ветер.

Живые организмы всегда испытывают на себе действие определенного количества излучения, исходящего от природных источников, таких, как почва и пища, а также от космических лучей, идущих к нам из космоса. Искусственно созданные человеком источники излучения, используемые в медицине (рентгеновские лучи, изотопы и т. д.), промышленности и атомной энергетике, привели к дополнительному радиационному воздействию на живой организм.

Возникающие в процессе радиоактивного распада или при осуществлении ядерных реакций излучения, проходя через вещество, взаимодействуют с атомами и молекулами среды вещества, передавая им свою энергию.

Излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков, называется ионизирующим. К ионизирующему относится излучение  $\alpha$ -,  $\beta$ -частиц,  $\gamma$ -квантов, нейтронов, протонов, ядер отдачи, многозарядных ионов.

Виды излучений:

1) *Альфа-излучение* - это поток положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия), создающих большую плотность ионизации и имеющих пробег в воздухе не более 7-8 см, а в тканях человека - несколько микрон;

2) *Бэ́та-излучение* - состоит из потоков электронов или позитронов, имеет плотность ионизации в несколько сот раз, меньшую, чем альфа-излучение, но пробег в воздухе больше - 30 см;

3) *Гамма-излучение и рентгеновское излучение* представляют собой коротковолновое электромагнитное излучение, имеет плотность ионизации в сотни раз меньше, чем бэта-частицы, но проникающая способность значительно больше.

Поэтому альфа-частицы и бэта-частицы более опасны при внутреннем облучении человека (при попадании в организм с пищей, водой, воздухом), а гамма-излучение более опасно при внешнем облучении организма человека.

4) *Нейтронное излучение* представляет собой поток нейтронов, которые по энергии делят на холодные (менее 0,025эВ), тепловые, быстрые и сверхбыстрые нейтроны (до 300 МэВ). Проникающая способность потока нейтронов сравнима с гамма-излучением.

## 2.2.2 Основные источники радиоактивных загрязнений и виды ионизирующих излучений

Действительно, мы живем в океане радиоактивности: это космические лучи, радиоактивное излучение почвы и стен домов. Под радиоактивностью понимают явление самопроизвольного превращения (распада) ядер атомов с испусканием ионизирующего излучения, что характерно для ряда химических элементов (урана, тория, радия, калифорния и др.). Ионизирующие излучения проникают через материалы различной толщины и приводят к ионизации молекул и атомов в воздухе, воде, почве и в организмах.

Жизнь на Земле сегодня существует и развивается под воздействием техногенно измененного радиационного фона (рисунок 2.1).

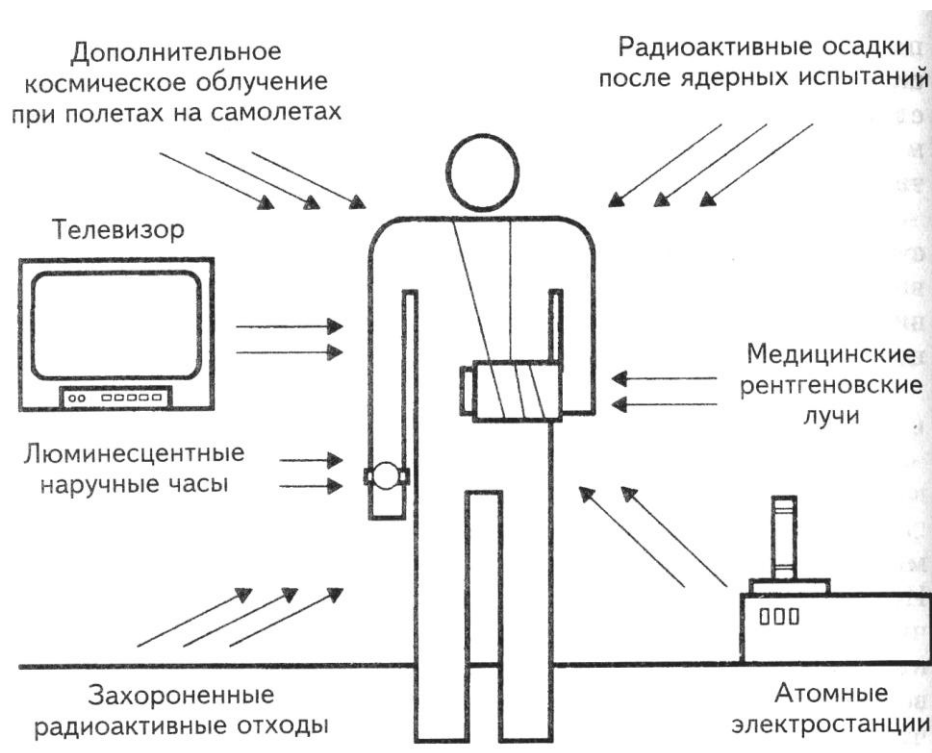


Рисунок 2.1 - Искусственные источники радиации, воздействующие на человека

На сегодняшний момент существует большое количество источников ионизирующего излучения, основные из которых приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Основные источники излучения и обусловленные ими эффективные эквивалентные дозы, мЗв/год (КрисякЭ.М., 1990)

Источники радиации	Среднемировые данные	Россия
<b>Природные источники</b>		
Космические лучи	0,355	0,320
γ-излучение Земли	0,410	0,410
Внутреннее облучение	0,355	0,362
Излучение стройматериалов (действие газа радон-222)	1,280	1,850
Итого	2,400	2,942
<b>Искусственные источники</b>		
Рентгенодиагностика	1,000	1,200
Радионуклидная диагностика	0,050	0,030
Испытание ядерного оружия	0,015	0,020

Продолжение таблицы 2.1

Источники радиации	Среднемировые данные	Россия
Ядерная энергетика	-	-
Последствия аварии в ЧАЭС	-	0,030
Профессиональное облучение	0,004	0,003
Итого	1,069	1,28

Как видно из таблицы 2.1, наибольший вклад в суммарную дозу (около 70 %) и, следовательно, в число ожидаемых последствий вносят природные источники радиации. Доля медицинских источников составляет 29 %, а доля всех остальных — около 1 %. Несмотря на такое соотношение, общественность волнуют именно искусственные источники радиации.

Радон постоянно образуется в глубинах Земли, накапливается в горных породах, а затем постепенно по трещинам перемещается к поверхности Земли. Он проникает в дом из грунта - сквозь трещины в фундаменте и через пол и накапливается в основном на нижних этажах жилых и производственных построек. Но известны случаи, когда жилые дома и производственные корпуса возводят непосредственно на старых отвалах горнодобывающих предприятий, где радиоактивные элементы присутствуют в значительных количествах.

Телевизоры на электронно-лучевой трубке, мониторы ПЭВМ также являются источниками ионизирующего рентгеновского излучения, но доза его, как правило, не велика.

Таким образом, внешнее облучение в биосфере на поверхности Земли в нормальных условиях складывается из космических лучей (28,3 мрад/год) и земной радиации (32 мрад/год). В сумме организм человека получает 60 мрад/ год. Эта величина заметно больше в горах и районах повышенной радиоактивности.

### 2.2.3 Гигиеническое нормирование радиоактивных излучений

Основным документом, регламентирующим уровни воздействия ионизирующих излучений в России, являются СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

НРБ-99/2009 устанавливают следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности (группа В).

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются два класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД), приведенные в таблице;
- допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА), среднегодовые удельные активности (ДУА).

Таблица 2.2 – Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	Население (группа В)
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 глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

**Примечания:**

\* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

\*\* Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Началом периодов считается 1 января 2000 года.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала.

На период беременности и грудного вскармливания ребёнка женщины должны переводиться на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных пределов доз (табл. 2.2.) при предотвращении развития аварии или ликвидации ее последствий может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей и (или) предотвращения их облучения. Планируемое повышенное облучение допускается для мужчин, как правило, старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья.

Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе до 100 мЗв в год и эквивалентных дозах не более двукратных значений, приведенных в табл. 2.2, допускается организациями (структурными подразделениями) федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор на уровне субъекта Российской Федерации, а облучение в эффективной дозе до 200 мЗв в год и четырехкратных значений

эквивалентных доз по табл. 2.2 – допускается только федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Повышенное облучение не допускается:

- для работников, ранее уже облученных в течение года в результате аварии или запланированного повышенного облучения с эффективной дозой 200 мЗв или с эквивалентной дозой, превышающей в четыре раза соответствующие пределы доз, приведенные в табл. 2.2;

- для лиц, имеющих медицинские противопоказания для работы с источниками излучения.

Лица, подвергшиеся облучению в эффективной дозе, превышающей 100 мЗв в течение года, при дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв за год.

Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, должны немедленно выводиться из зоны облучения и направляться на медицинское обследование. Последующая работа с источниками излучения этим лицам может быть разрешена только в индивидуальном порядке с учетом их согласия по решению компетентной медицинской комиссии.

Лица, не относящиеся к персоналу, привлекаемые для проведения аварийных и спасательных работ, должны быть оформлены и допущены к работам как персонал группы А.

Радиоактивные излучения вызывают в организме человека прямую ионизацию молекул биологически важных веществ (белков, ферментов и т.д.) и косвенно воздействуют на соматические и половые клетки через образующиеся от облучения продукты разложения воды на водород (H), гидроксильную группу OH, радикалы HCR, перекись водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и другие сильные окислители.

Воздействие радиации на организм человека называют облучением.



## 2.2.4 Методы обнаружения и измерения радиоактивных излучений

Цели радиационного контроля: определение годовой эффективной дозы, определение вклада различных факторов, оптимизация защитных мероприятий, контроль за радиационной обстановкой.

В народном хозяйстве отечественная промышленность выпускает приборы для радиационного контроля различного назначения. По своему назначению приборы подразделяются на индикаторы, рентгенметры, дозиметры, радиометры, спектрометры и комбинационные приборы для измерения ионизирующего излучения.

### 2.2.4.1 Индикаторы

*Индикаторы* — простейшие приборы радиационного контроля, при их помощи решается задача обнаружения, главным образом,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений. Эти приборы снабжены световой или звуковой сигнализацией. Датчиком служат газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера. К этой группе приборов относятся индикаторы типа ДП-63, ДП-63А, ДП-64 и другие.

### 2.2.4.2 Рентгенметры

*Рентгенметры* предназначены для измерения мощности дозы рентгеновского или  $\gamma$ -излучения. В качестве датчиков в этих приборах применяют ионизационные камеры или газоразрядные счетчики.

Рентгенметрами служат приборы типа «Кактус», ДП-2, ДП-3, ДП-3Б, ДП-5А, ДП-5В (рисунок 2.2) и другие.



Рисунок 2.2 - Рентгенметр ДП-5В

#### 2.2.4.3 Дозиметры

*Дозиметры* служат для измерения дозы (экспозиционной, поглощенной, эквивалентной) и мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения. Индивидуальные дозиметры представляют собой малогабаритные ионизационные камеры или же фотокассеты с пленкой. Почти все современные дозиметрические приборы работают на основе ионизационного метода. Датчиками при этом служат ионизационные камеры, газоразрядные или сцинтилляционные счетчики и т. д. По измерению вида излучения можно разделить приборы для измерения  $\gamma$ -излучения,  $\beta$ - и  $\alpha$ - частиц и нейтронного потока.

Комплектами индивидуальных дозиметров являются приборы типа ДК-02, ДП-22А, ДП-24, ИД-1, ИД-11, ДКГ-25Д (рисунок 2.3) и другие.

Автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля АКЖДК-101 разработан на основе применения кассеты ДТЛ-01 с тремя монокристаллическими детекторами из фтористого лития (ДТГ-4).

Дозиметры типа ДЭГ-08 выполнены в водозащищенном и противоударном исполнении.

В медицинской практике применяются дозиметры рентгеновского излучения ДРК-1 (рисунок 2.4), ДКС-101, ДКР-АТ1013М и другие. Дозиметр рентгеновского излучения клинический ДРК-1 предназначен для определения дозы, получаемой пациентами при рентгенорадиологических процедурах.



Рисунок 2.3 - Дозиметр гамма-излучения индивидуальный ДКГ-25Д



Рисунок 2.4 - Дозиметр рентгеновского излучения клинический ДРК-1

#### 2.2.4.4 Радиометры

*Радиометры* предназначены для измерения плотности потока ионизирующих излучений и активности радионуклидов. Датчиками радиометров служат газоразрядные и сцинтилляционные счетчики. Эти приборы являются наиболее распространенными и имеют широкое применение.

Примерами радиометров являются УМФ-2000 (рисунок 2.5), РЗБ-05Д, РЗБА-04-04М, РЗА-05Д и другие.

Низкофоновый альфа-бета-радиометр с кремниевым детектором УМФ-2000 широко используется для измерений малых активностей. Рекомендуется для измерения суммарной альфа- и бета-активности природных и питьевых вод.



Рисунок 2.5 - Альфа-бета-радиометр с кремниевым детектором УМФ-2000

Широко используются радиометры радона, одним из них является радиометр радона и его дочерних продуктов распада «РАМОН-02» - портативный прибор для определения нормируемой величины - эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада (ЭРОА ДПР) радона и торона в воздухе (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Радиометр радона и его дочерних продуктов распада «РАМОН-02»

#### 2.2.4.5 Дозиметрические приборы для населения

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

Индивидуальными дозиметрами (накопителями), выдаваемыми населению, служат упрощенные варианты кассет отечественных стационарных комплектов термолюминесцентных дозиметров КДТ-02М, ИКС-А, ДТУ-01 и автоматизированного комплекта АКЖДК-101 с одним, двумя детекторами для регистрации  $\gamma$ -излучения. Комплект дозиметров КДТ-02М также предназначен для измерения экспозиционной дозы и индикации  $\beta$ -излучения.

Основным элементом приборов для обнаружения ионизирующих излучений, измерения их энергии и других свойств являются детекторы. Прохождение ионизирующих излучений через вещество сопровождается потерей их энергии при взаимодействии с электронами и ядрами атомов. Детектор

преобразует поглощенную энергию в электрический сигнал, удобный для регистрации.

Взаимосвязь единиц измерения радиационной дозиметрии отражена в таблице 2.3.

Таблица 2.3- Взаимосвязь единиц измерения радиационной дозиметрии

Характеристики		Обозначения	Единицы измерения в СИ	Внесистемная ед. измерения	Взаимосвязь	
Активность		$A_p$	1 Бк = 1 распад в $s^{-1}$	1 Ки	$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$	
Облучение	воздуха или среды	экспозиционная доза	$D_{\text{экс}}$	1 Ки/кг	1 Р	$1 \text{ Ки/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
	неживых объектов	поглощенная доза	$D_p$	1 Гр = 1 Дж/кг	1 рад	1 Гр = 100 рад
	живых организмов	эквивалентная доза	$D_{\text{эkv}}$	1 Зв	1 бэр	1 Зв = 100 бэр

### 2.2.5 Принципы защиты от радиоактивных излучений

В основу всех мероприятий защитного характера положено главное требование - дозы облучения как персонала так и населения не должны превышать допустимых значений. Комплекс защитных мероприятий включает санитарно-гигиенические, инженерно-технические и организационные мероприятия, перечень которых в каждом случае зависит от активности излучателя, вида излучения, технологии и способов применения источников излучения, а также от типа источника излучения.

Для источников излучения закрытого типа (их устройство исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду и они могут повредить только внешним облучением организма человека) применяют следующие принципы защиты:

1) уменьшение мощности источников излучения до минимальных величин ("защита количеством");

- 2) сокращение времени работы с источниками ("защита временем");
- 3) увеличение расстояния от источника до работающих ("защита расстоянием");
- 4) экранирование источников излучения материалами, поглощающими ионизирующие излучения ("защита экранами").

#### 2.2.6 Технические характеристики и правила работы с портативным прибором для измерения радиоактивного излучения Квартекс РД – 8901

Для измерения радиоактивности используется детектор – индикатор радиоактивности Квартекс РД – 8901.

Паспорт прибора:

- самостоятельная оценка радиоактивной загрязненности (суммарной, по  $\beta + \gamma$ ) твердых и жидких продуктов питания, предметов быта, строительных материалов и окружающей среды;
- результаты оценки - цифровая информация в микрорентгенах за час через 0,5 минуты после включения;
- мгновенная информация сразу после включения при опасно высоком (выше 999 мкР/ч.) уровне радиации;
- возможность работы в режиме "поиск";
- повышение надежности измерения обработкой результатов (арифметическим усреднением) для снижения влияния флуктуации естественного гамма – фона;
- контроль разряда батареи.

Детектор-индикатор радиоактивности КВАРТЕКС РД 8901 (QUARTEXRD8901) (рисунок 2.7), далее в тексте – детектор, предназначен для самостоятельной оперативной оценки загрязненности источниками гамма - квантов и бета -частиц твердых и жидких продуктов питания, предметов быта, строительных материалов и окружающей среды. Он может использоваться в режиме «поиск» для обнаружения источника радиации.

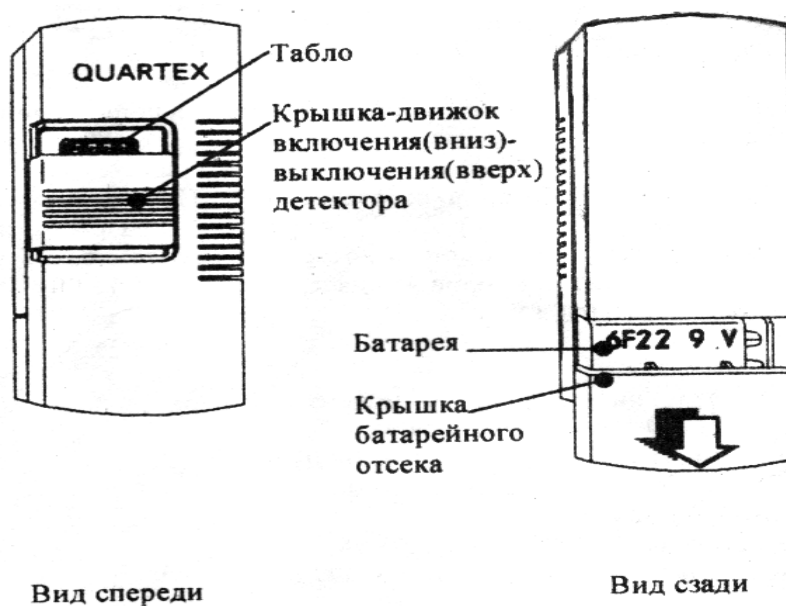


Рисунок 2.7 - Внешний вид детектора

Последовательность операций при работе с прибором.

Снимите крышку батарейного отсека, сдвинув ее по направлению стрелки, как показано на рисунке 2.7, и, соблюдая полярность, присоедините батарею 6F22 9V к клеммной колодке. Не допускается перекручивать провода клеммной проводки и прикладывать к ним усилие на отрыв свыше 0,3 кг. Закройте крышку отсека питания.

Включение детектора осуществляется перемещением вниз до упора крышки-движка, как показано на рисунке 2.7. При включении детектор должен подать звуковой сигнал, сопровождаемый появлением цифры «0» на табло. Если сигналы отсутствуют, необходимо проверить установку элемента питания и вновь включить детектор.

После включения детектора начинается оценка радиационной обстановки, происходящая повторяющимися циклами измерения и индикации, с подачей звуковых и визуальных сигналов. Циклы повторяются автоматически без перерывов до выключения детектора. Время обследования устанавливается потребителем. Для выключения детектора необходимо сдвинуть крышку-движок вверх до упора. Интервал между следующим включением прибора должен составлять не менее 30 с., в противном случае прибор может не прийти в исходное



состояние и показания на табло будут отсутствовать. В этом случае выключите прибор, сдвинув крышку-движок вверх, выждите от 30 до 35 с и повторно включите прибор.

При работе детектор подает следующие сигналы:

- после включения детектора на табло загорается и гаснет цифра «0», сопровождаемая коротким двухтональным звуковым сигналом, что означает начало цикла измерения;

- цикл измерения длится  $(32 \pm 1)$  с, при этом каждый регистрируемый квант излучения сопровождается индикацией символа «t» и коротким звуковым сигналом;

- появление на табло символа ttt свидетельствует, что уровень мощности ионизирующего излучения превышает 999 мкР/ч - это чрезвычайно опасный уровень радиации;

- по окончании цикла измерения в течение пяти секунд на табло появляется результат измерения, состоящий из двух значений.

После пятисекундной индикации результатов циклы измерения и индикации повторяются.

При проведении измерений необходимо помнить, что ионизирующее излучение имеет статистический вероятностный характер, поэтому показания детектора (результаты текущих измерений) в одинаковых условиях могут иметь разницу. Для более точного определения уровня мощности ионизирующего излучения следует проводить 3 - 5 циклов измерения не выключая детектора и ориентироваться на результаты усредненной величины вычислений.

Данный прибор допущен для использования в бытовых целях для ориентировочной оценки радиационной обстановки, допустим также для применения в учебных целях. Сличительные испытания данного прибора с аттестованным прибором дозиметром ДРГ-01Т1 показали расхождения результатов на 38 %, что не позволяет использовать его в аккредитованных

лабораториях. При получении результатов, превышающих допустимые уровни дозы по сравнению с фоном необходимо подтверждение аттестованным прибором.

## 2.2.7 Основы изучения радиационной безопасности

### 2.2.7.1 Основные подходы в изучении радиационной безопасности

В последнее время наблюдается оживление дискуссии об одной из основных парадигм радиационной безопасности: достаточности соблюдения радиационной безопасности человека для гарантированного обеспечения радиационной защиты окружающей среды.

Антропоцентрический принцип основан на следующих аргументах:

- 1) человек - наиболее радиочувствительный живой объект в биосфере;
- 2) предусмотрены достаточно большие коэффициенты запаса при регулировании допустимого облучения человека по сравнению с эффективными и летальными дозами;
- 3) защита здоровья человека имеет самый главный приоритет.

Критические аргументы против этих антропоцентрических позиций заключаются в следующем:

- 1) человек не является наиболее радиочувствительным живым объектом в биосфере, он лишь относительно чувствителен к ионизирующим излучениям;
- 2) большие коэффициенты запаса недостаточны для заключений *argioi* (это зависит от количественных оценок во многих сложных экосистемах и ситуациях);
- 3) нет сомнений и в том, что наше собственное здоровье имеет для нас самих высочайший приоритет.

В последние годы опубликовано много работ, в которых антропоцентрический принцип обеспечения радиационной безопасности окружающей среды ставится под сомнение. Следствием этого, по мнению многих авторов, является необходимость смены парадигмы - отказ от

антропоцентрического подхода к обеспечению радиационной безопасности и переход к экоцентрическому принципу нормирования воздействия ионизирующих излучений. В систему нормирования включаются компоненты живой и неживой природы, в том числе и «человек» как элемент биосферы. В некотором смысле экоцентрический подход является более общим и включает в себя антропоцентрический, что делает его весьма привлекательным. Однако такая смена одной из основных парадигм радиационной защиты потребует решения сложнейших научных проблем.

Стремление создать единую концепцию радиационной защиты, обеспечивающую одновременно и охрану здоровья человека, и благополучие биоты в среде ее обитания, должно базироваться на признании целостности социально-природных экосистем, где человек и биота рассматриваются в органически взаимосвязанном единстве. При этом необходимо рационально использовать достижения последних 100 лет в области обеспечения радиационной защиты человека, т. к. реализация воздействия радиации на человека и другие живые организмы с биологической точки зрения протекает в рамках единых процессов.

#### 2.2.7.2 Особенности системы государственного управления радиационной безопасностью в России и основы ее совершенствования

Изменения законодательства в последние годы коснулись вопросов перераспределения полномочий и ответственности в области обеспечения радиационной безопасности с регионального уровня на федеральный.

В России исторически сложилось наличие двух типов институциональных структур обеспечения радиационной безопасности - отраслевые и региональные. Отраслевые структуры охватывают небольшое количество ядерно- и особо радиационно-опасных объектов, расположенных в «закрытых» населенных пунктах и ориентированных, в основном, на решение следующих задач: защиту персонала, обеспечение безопасности технологических процессов,

предотвращение аварийных ситуаций и радиоактивного загрязнения окружающей среды за пределами санитарно-защитной зоны.

Региональные структуры обеспечения радиационной безопасности охватывают большое количество объектов потенциальной радиационной опасности, расположенных на территории промышленно развитых и густонаселенных районов. Здесь радиоактивные отходы менее опасны и значительны, чем отходы ядерного топливного цикла и радиохимических производств, в то же время, они расположены в регионах с высокой плотностью населения. В этой связи региональные структуры ориентированы на оперативное выявление, удаление и безопасную долговременную локализацию таких РАО.

Важно отметить, что принятые в последнее время решения в области радиационной безопасности противоречат одному из основополагающих принципов радиационной безопасности, согласно которому полномочия в области государственного управления использованием атомной энергии и обращением с радиоактивными отходами должны быть разделены. При этом сложилась ситуация, когда региональные системы обеспечения радиационной безопасности населения фактически введены в состав отраслевых структур атомно-энергетического комплекса. Все это проявляется в несогласованности управляющих действий, отсутствии координирующего механизма в решении вопросов регулирования процесса обеспечения радиационной безопасности и является серьезным фактором, определяющим радиоэкологическую обстановку в России.

В настоящее время переход к модели устойчивого развития мирового сообщества, включая Россию, сопряжен с определенными самоограничениями общества и человека, с усилением контроля над человеческой деятельностью в сфере природной среды. Для регулирования отношений человека с природной средой необходимы не только юридические и технические, но и социальные и культурные нормы.

## 2.3 Ход работы

1. Произвести измерение уровня радиоактивного излучения в трех точках исследуемого помещения;
2. Вычислить усредненное значение - среднеарифметическое значение трех последовательных результатов текущих измерений;
3. Составить план – схему исследуемого помещения;
4. Обработать результаты и заполнить таблицу;
5. Сделать вывод о состоянии радиоактивной опасности исследуемого помещения, выявить основные источники загрязнения и причины экранирования фонового загрязнения.
6. Предложить комплекс мер по уменьшению ионизирующих излучений.

### 2.3.1 Форма отчета

Результаты оформить в виде таблицы 2.4 и сделать выводы о проделанной работе.

Таблица 2.4 - Определение уровня радиации

Название обследуемого объекта или помещения	Норматив, мкР/ч	Серия изменений, мкР/ч	Среднее значение уровня радиации	Заключение (соответствие/несоответствие нормативу)
		1 2 3		

### 2.3.2 Вопросы для самоконтроля:

1. Дать определение понятия "радиоактивность".
2. Перечислить основные источники ионизирующих излучений.
3. Дать характеристику основным видам ионизирующих излучений.
4. Механизм биологического действия ионизирующих излучений.
5. Дать понятия "накопленная зона", "экспозиционная доза".
6. Перечислить источники естественного радиационного фона.
7. Указать ПДД и ПДУ ионизирующих излучений.
8. Перечислить виды детекторов ионизирующих излучений.
9. Перечислить принципы защиты от ионизирующих излучений для закрытых и открытых типов источников излучений.
10. Как и с помощью какого прибора измеряют радиоактивность.
11. Какие существуют подходы в изучении радиационной безопасности.
12. Особенности системы государственного управления радиационной безопасностью в России.

## Список использованных источников

1. Экологический мониторинг: учеб.-метод. пособие / Т. Я. Ашихмина [и др.]; под ред. Т. Я. Ашихминой. - Москва : Академический проект, 2008. - 416 с. - (Учебное пособие для вузов). - Библиогр.: с. 334-339.
2. Гривко, Е.В. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Практикум по экологии» / Е. В. Гривко, С. В. Шабанова. - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. Ч. 1 : - , 2008. - 72 с.
3. Справочник по радиометрии для геофизиков и геологов / [сост. В. И. Баранов [и др.]. - М. :Госгеолтехиздат, 1957. - 200 с.
4. Чечев В.П. Оценка значений характеристик распада и излучений / В. П. Чечев, В. О.Сергеев//Измерительная техника,2004. - N 4. - С. 58-61.
5. Малютина, И. Невидимая угроза / И. Малютина // Будь здоров, 2004. - N 6.- С. 17-21.
6. Мурин, А. Н.Физические основы радиохимии : учеб. для хим. специальностей ун-тов / А. Н. Мурин; под ред. П. П. Серегина. - М. : Высш. шк., 1971. - 288 с.
7. Васин, М. Противолучевые средства защиты / М. Васин // Гражданская защита, 2008. - N 5. - С. 31-33.
8. Изотопы. Источники излучений и радиоактивные материалы, каталог / [отв. ред. П. С. Савицкий].- 2-е изд., доп. - М. : Госатомиздат, 1962. - 219 с.
9. Антонов, В. П. Уроки Чернобыля: радиация, жизнь, здоровье / В. П. Антонов. - Киев : Знание, 1989. - 112 с.
10. Шаров, Ю. Н. Дозиметрия и радиационная безопасность: учеб.для техникумов / Ю. Н. Шаров, Н. В. Шубин.- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1991. - 280 с.
11. Козлов, В. Ф. Справочник по радиационной безопасности / В. Ф. Козлов.- 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1991. - 352 с.
12. Пивоваров, Ю. П. Радиационная экология: учеб. пособие для вузов / Ю. П. Пивоваров, В. П. Михалев. - М. : Академия, 2004. - 240 с.

13. Способ радиационного мониторинга экосистем по радиоактивности почв // Экологические системы и приборы, 2004. - N 10. - С. 38-39.

14. Макарова И.С. Радиоэкология в системе радиационной безопасности // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2010. - № 6 (114). - С. 46-48.

15. Макарова И.С. Пионеры радиоэкологии / Макарова И.С. // Экос, 2009. - № 1. - С. 19-20.



Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая. Цена свободная.  
Усл. печ. листов 2,0. Тираж 100 (1-й завод – 10). Заказ 127.

---

ООО ИПК «Университет»  
460007, г. Оренбург, ул. М. Джалиля, 6.  
E-mail: ipk\_universitet@mail.ru  
Тел./факс: (3532) 90-00-26

---